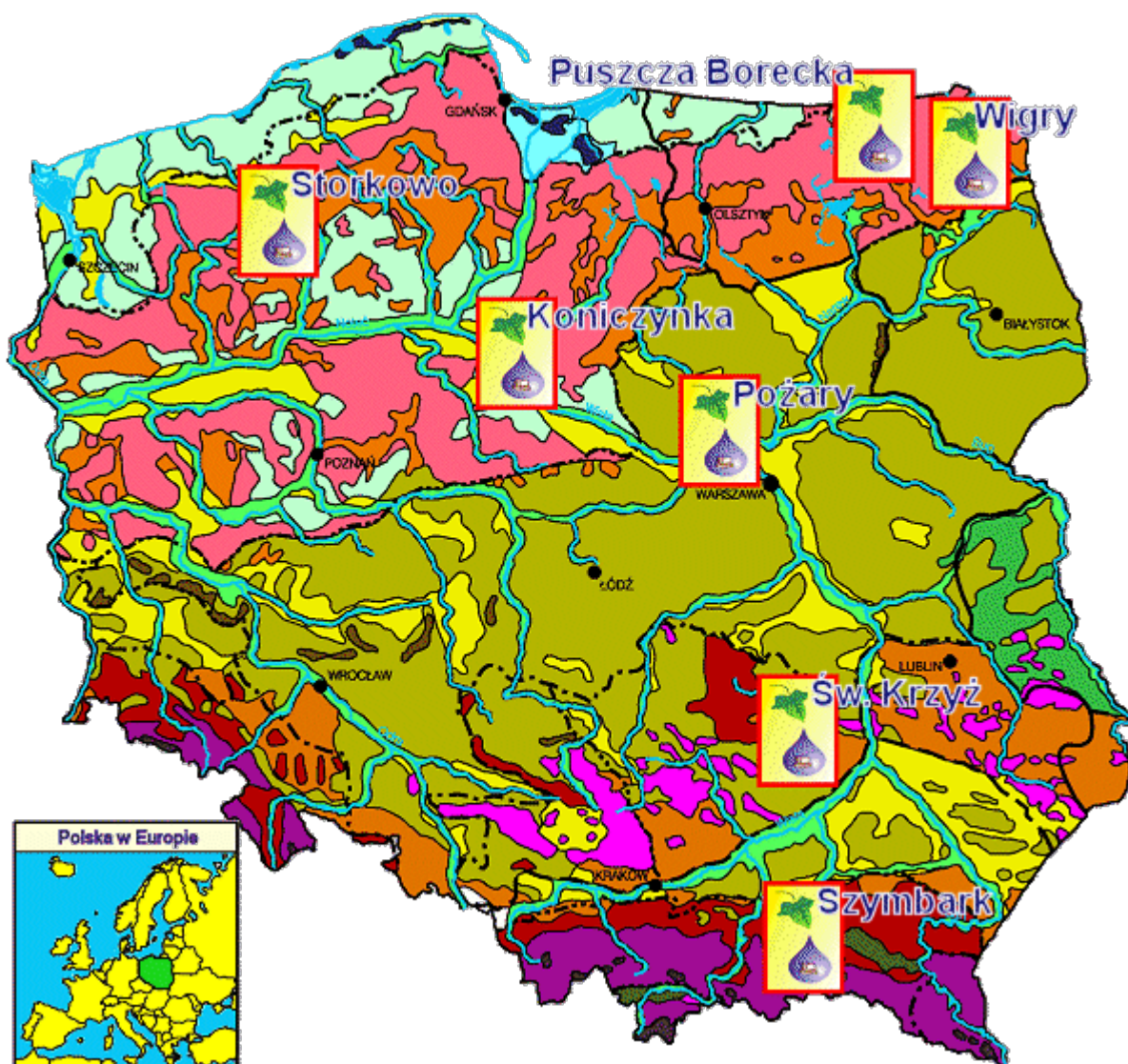


Wprowadzenie

Kompleksowe badania środowiska przyrodniczego dostarczają informacji ilościowych o stanie wybranych geosystemów Polski i pozwalają na zidentyfikowanie wpływu czynników zewnętrznych i wewnętrznych na stan całego systemu, a nie tylko na pojedyncze jego elementy czy subsystemy. Badania prowadzone w roku hydrologicznym 2001 w Stacjach Bazowych ZMŚP (Ryc. 1) odzwierciedlają stan aktualny geosystemów położonych w różnych częściach Polski oraz wskazują na główne kierunki zagrożeń środowiska zlewni w skali lokalnej i regionalnej.

Podstawowym obiektem badań w podsystemie ZMŚP jest zlewnia rzeczna (jeziorna), w zasięgu której zlokalizowane są testowe powierzchnie badawcze, ujmujące możliwie różne typy ekosystemów badanego krajobrazu. Szeroki zakres komplementarnych badań stacjonarnych prowadzony jest wg standaryzowanych metod w obrębie 7 Stacji Bazowych (Ryc. 1) w reprezentatywnych zlewniach rzecznych i/lub jeziornych. Funkcjonujący obecnie system pomiarowy Stacji Bazowych tworzy transekt południkowy, który ujmuje równoleżnikowy układ krajobrazów Polski. Trzy Stacje Bazowe ZMŚP: Wigry, Pożary i Św. Krzyż zlokalizowane są w obrębie Parków Narodowych.



Ryc. 1. Lokalizacja Stacji Bazowych Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego na tle struktur krajobrazowych Polski (oprac. Zb.Zwoliński)

Wśród zlewni badawczych ZMŚP są zlewnie: górnej Parsęty (Stacja Bazowa Storkowo), Czarnej Hańczy (Stacja Bazowa Wigry), jeziora Łękuk (Stacja Bazowa Puszczą Borecką), zlewnia Strugi Toruńskiej (Stacja Bazowa Koniczynka), zlewnia Kanału Olszowieckiego (Stacja Bazowa Pożary), które reprezentują geosystemy nizinne o różnym stopniu antropopresji. Stacja Bazowa Św. Krzyż obejmuje badaniami zlewnię

I rzędu w masywie Łysogór, gór niskich o wysokim stopniu antropopresji lokalnej i regionalnej. Stacja Bazowa Szymbark zlokalizowana w zlewni Bystrzanki, reprezentuje geosystem Karpat Fliszowych, monitoring w tej Stacji uwzględnia specyfikę wynikającą z piętrowości występowania i natężenia procesów oraz zjawisk przyrodniczych w górach, a są to m.in. ruchy osuwiskowe i obieg wody generujący denudację chemiczną i erozję gleb.

Zakres pomiarowy ZMŚP w roku 2001 obejmował obserwacje meteorologiczne, badania: chemizmu powietrza, chemizmu opadów atmosferycznych i wód krążących w lesie, gleb i chemizmu roztworów glebowych, chemizmu i poziomu wód podziemnych, ilości i jakości wód powierzchniowych, flory i roślinności, epifitów nadrzewnych i zawartości metali ciężkich i siarki w porostach oraz fauny bezkręgowców. W ramach programów specjalistycznych w Stacji Bazowej w Szymbarku prowadzony jest monitoring ruchów osuwiskowych oraz natężenia i chemizmu spływu śródglebowego, a w Stacji Bazowej Koniczynka badania wód drenarskich. W 2001 roku rozpoczęto na Stacjach Bazowych ZMŚP realizację dwóch programów - D1: metale ciężkie w porostach oraz M1: epifity nadrzewne.

Opracowanie zostało wykonane w oparciu o roczne raporty Stacji Bazowych ZMŚP (Bochenek 2002, Józwiak, Kozłowski, Wróblewski 2002, Kejna (red.) 2002, Kostrzewski (red.) 2002, Krzysztofiak (red.) 2002, Śnieżek (red.) 2002, Wierzbicki 2002).

| [następny](#)

Program pomiarowy A1: meteorologia

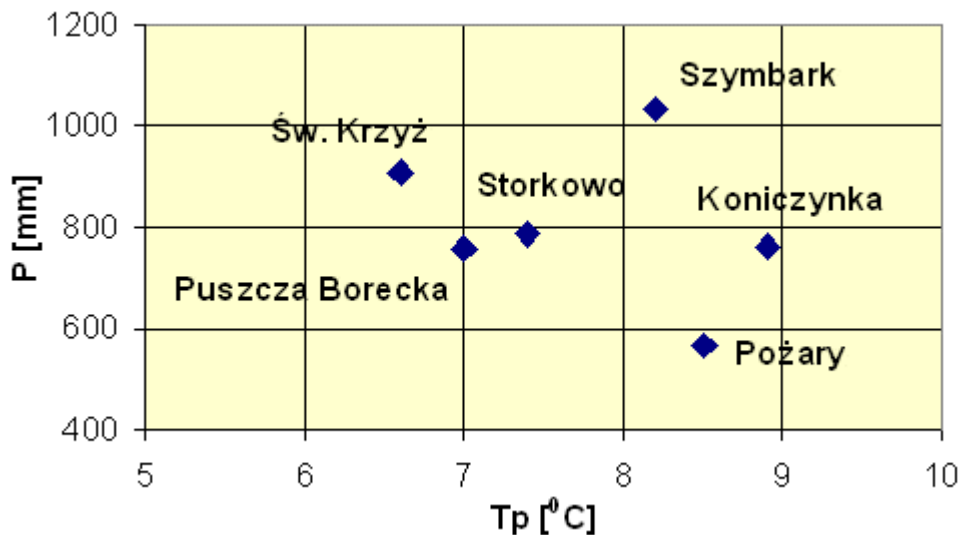
Program pomiarowy: meteorologia realizowany był w 6 Stacjach Bazowych ZMŚP; brak jest danych dla Stacji Bazowej w Wigrach, która dopiero w połowie 2001 roku uruchomiła automatyczną stację pomiarową. Obserwacje meteorologiczne w roku 2001 prowadzone były na Stacjach metodą standardową oraz przy użyciu automatycznej stacji meteorologicznej Milos 500. W opracowaniach przeprowadzono cenne metodycznie analizy i porównania wyników uzyskanych dwoma odmiennymi metodami.

Codzienne obserwacje meteorologiczne z roku 2001 na tle okresu 1994-2001, uzupełnione danymi z najbliższych tzw. stacji osłonowych IMGW, wskazują na znaczną dynamikę warunków termiczno-opadowych badanych geoekosystemów, a także pozwalają na analizę intensywności i częstości zjawisk pogodowych o charakterze ponadprzeciętnym i ekstremalnym, które w ostatnich latach nabierają istotnego znaczenia dla środowiska przyrodniczego i działalności człowieka (Prządka 2001, Szpikowski 2001).

Według klasyfikacji termiczno-wilgotnościowej H. Lorenc (1998) rok kalendarzowy 2001 pod względem warunków termicznych można zaliczyć do lat normalnych w większości Stacji Bazowych (Ryc. 2), a do lat ciepłych na Św. Krzyżu i bardzo (anomalnie) ciepłych w Stacji Bazowej w Puszczy Boreckiej. Podobnie jak w roku 2000 (Mazurek 2001), najniższą średnią roczną temperaturę zanotowano na Św. Krzyżu: 6,6°C, a najwyższą w Koniczynie: 8,9°C (Ryc. 2). Jako zimniejszy miesiąc w stosunku do wartości z okresu 1994-2000 na Stacjach zapisał się czerwiec.

Instalacja automatycznych stacji meteorologicznych umożliwiła określenie dopływu energii słonecznej do powierzchni Ziemi poprzez automatyczne pomiary usłonecznienia i natężenia promieniowania całkowitego. Najbardziej usłonecznionymi miesiącami okazały się maj i lipiec, a najniższe wartości zanotowano w listopadzie i grudniu, co wynika z długości dnia i stopnia zachmurzenia.

Temperatury gruntu w roku 2001 były zbliżone do wartości średnich z wielolecia 1994-2000, co świadczy o przeciętnych (wyższych w Puszczy Boreckiej) warunkach dostawy energii słonecznej i układu temperatury w ostatnim roku.



Ryc. 2. Warunki termiczno-opadowe na Stacjach Bazowych ZMŚP w roku kalendarzowym 2001

Zmienność dobowych temperatur powietrza w roku 2001 wpłynęła na zmianę rozkładu i długości trwania termicznych pór roku, co zaznaczyło się szczególnie w odniesieniu do okresu wiosny, jesieni oraz przedzimia. W Storkowie zaznacza się wydłużenie okresu pór przejściowych - wiosny i jesieni, a również częściowo pór dodatkowych - przedwiosnia i przedzimia kosztem zimy i lata. W Puszczy Boreckiej okres wegetacyjny wydłużył się o trzy tygodnie z powodu wyższych temperatur w październiku.

Pod względem warunków opadowych (wg klasyfikacji Z. Kaczorowskiej, vide Lorenc 1998) Stacje Bazowe w Szymbarku, Św. Krzyżu i Storkowie odnotowały w analizowanym roku podwyższone sumy opadów i zaklasyfikowały rok kalendarzowy 2001 jako wilgotny, a w Koniczynie jako bardzo wilgotny. Opady mieszczące się w zakresie opadów przeciętnych zanotowano w Puszczy Boreckiej i Pożarach.

W Pożarach zanotowano najniższą sumę opadów atmosferycznych (565,6 mm), co zgodne jest z przynależnością obszaru Puszczy Kampinoskiej do Regionu Środkowomazowieckiego, będącego jednym z najcieplejszych i o najniższych sumach opadów w Polsce. Najwyższa roczna suma opadów atmosferycznych wystąpiła w Szymbarku (1032 mm) położonym w Regionie Tarnowsko-Rzeszowskim (Ryc. 2).

Najwyższy opad dobowy zanotowano w Szymbarku, a wyniósł on 46,5 mm (23 lipca) i wystąpił w trakcie gwałtownej burzy. Wysoka intensywność opadu wynosząca 11,8 mm/10 min spowodowała szybki spływ wody do koryta rzecznego i wysokie wezbranie (wg klasyfikacji R. Soji) na Bystrzance.

W ostatnich latach zaznaczała się na Stacjach tendencja do zwiększania opadów w miesiącach zimowych i wczesnowiosennych przy zmniejszonych opadach letnich i jesiennych. Natomiast w roku 2001 wyższe sumy opadów notowano w półroczu letnim, co wpłynęło na zmniejszoną do przeciętnej, wielkość odpływu ze zlewni w okresie zimowym oraz opóźnioną odbudowę retencji wód gruntowych. W przypadku Puszczy Kampinoskiej wyższa suma opadów w okresie letnim zapobiegła nadmiernemu opadaniu zwierciadła wód gruntowych, a co za tym idzie niekorzystnym zmianom sukcesyjnym zbiorowisk roślinnych.

W roku 2001 na Stacjach nie notowano niekorzystnych okresów posuchy, a rozkład opadów był jednym z najbardziej równomiernych w całym ośmioleciu.

Pod względem warunków meteorologicznych rok kalendarzowy 2001 odnotowano na Stacjach Bazowych jako rok o normalnych warunkach termicznych w odchyleniu w stronę lat ciepłych głównie w Puszczy Boreckiej; po względem opadów był to rok generalnie wilgotny. Przy dużej dobowej zmienności przebiegu temperatur powietrza w klimacie umiarkowanym Polski, zwraca uwagę:

- wzrost średnich rocznych temperatur, najczęściej wskutek wyższych temperatur w miesiącach zimowych,
- zmiana rocznej amplitudy powietrza,
- krótszy okres zalegania pokrywy śnieżnej,
- zmiana rozkładu i długości trwania termicznych pór roku, co zaznaczyło się np. wcześniejszym rozpoczęciem okresu wegetacyjnego i wydłużeniem czasu jego trwania.

[poprzedni](#) | [następny](#)

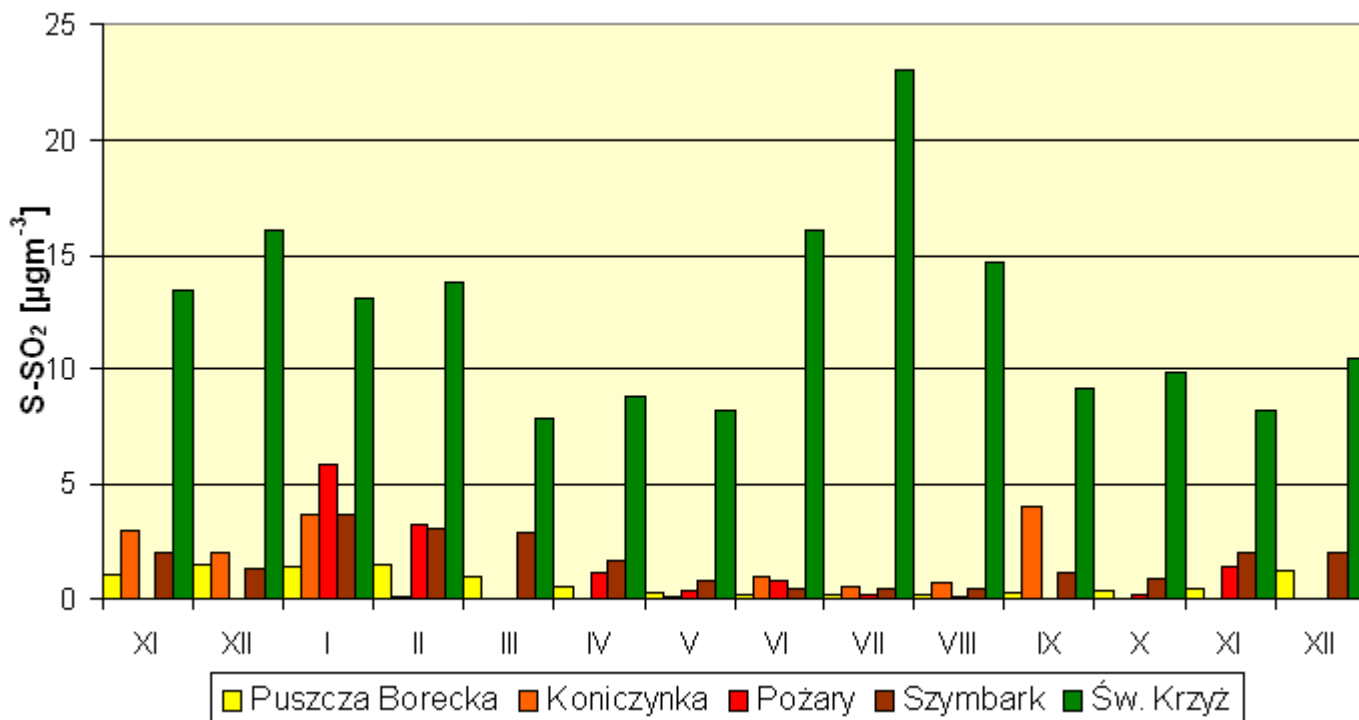
Program pomiarowy B1: chemizm powietrza

Program pomiarów zanieczyszczeń powietrza prowadzony jest w Stacji Bazowej Puszcza Borecka oraz na Św. Krzyżu. Stężenia dwutlenku siarki i dwutlenku azotu mierzone są w Szymbarku i w Pożarach, gdzie pomiarami objęto dodatkowo sumę azotu amonowego i azotanowego oraz zawartość w aerozolu siarczanów i chlorków. W Koniczynie rejestrowane jest stężenie dwutlenku siarki.

Badane zanieczyszczenia podstawowe SO₂ i NO₂ na obszarach Stacji Bazowych nie przekraczały obowiązujących w Polsce norm imisyjnych dla wartości dobowych i średnich rocznych, a w porównaniu do norm dopuszczalnych, średnie roczne wartości są na ogół dość niskie i przedstawiają się następująco:

- stężenia średnie roczne dwutlenku siarki w roku kalendarzowym 2001 zmieniały się od niskich wartości 0,63 ug^m⁻³ w Puszczy Boreckiej, do wyników uzyskanych w Stacji Bazowej Św. Krzyż (Ryc. 3), gdzie stężenie średnie roczne wyniosło 11,93 ug^m⁻³,
- poza sezonem grzewczym, w miesiącach letnich stężenia średnie miesięczne dwutlenku siarki nie przekraczały lub były bliskie 0 ug^m⁻³, co zwraca uwagę szczególnie w przypadku Koniczyny i Pożarów położonych w bliskim sąsiedztwie obszarów o dużej emisji zanieczyszczeń do powietrza,
- średnie roczne stężenia NO₂ (Ryc. 4) zmieniały się od wartości najniższych w Puszczy Boreckiej gdzie wyniosły 0,68 ug^m⁻³ do najwyższych w Pożarach 8,5 ug^m⁻³,
- pomiary stężeń podstawowych zanieczyszczeń powietrza SO₂ i NO₂ wykazują zróżnicowanie regionalne, przy zbliżonym rytmie zmian sezonowych w badanych stanowiskach wynikającym z warunków pogodowych Polski; niskie temperatury w okresie zimy wiążą się ze wzrostem stężeń dwutlenku siarki z emisji niskiej z sektora komunalno-bytowego; zmienność sezonowa tlenowych związków azotu jest natomiast charakterystyczna dla regionów pozamiejskich (np. Stacja Bazowa Puszcza Borecka i Szymbark), oddalonych od szlaków komunikacyjnych, gdzie nie oddziałują mobilne i przemysłowe źródła zanieczyszczeń w odróżnieniu np. do Stacji Bazowej Pożary i Święty Krzyż.

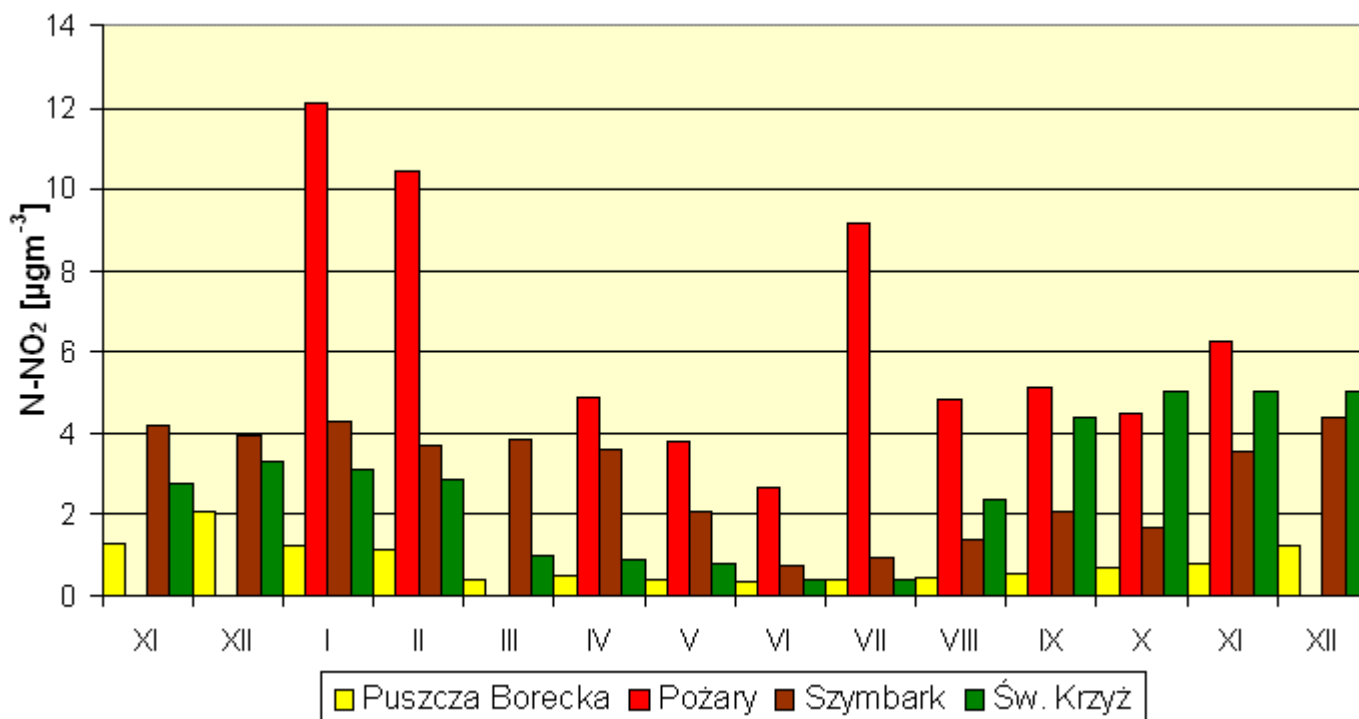
W latach 1994-2001 poziom stężeń dwutlenku siarki utrzymywał się w badanych Stacjach na pułapie z lat ubiegłych lub wykazywał tendencję spadkową. Jedynie w Pożarach zanotowano dwukrotny wzrost stężeń w stosunku do roku 2000. Na obszarach o braku lokalnych źródeł zanieczyszczeń, np. w Polsce północno-wschodniej - w Puszczy Boreckiej, stężenia związków siarki należy uznać za efekt transgranicznego przemieszczania zanieczyszczeń powietrza wraz z wiatrami z sektora zachodniego, a w Szymbarku z wiatrami z sektora południowego. Wartości te można przyjąć jako wartości tła regionalnego kształtowanego pod wpływem dalekich, źródeł emisji zanieczyszczeń powietrza, które odgrywają większą rolę niż źródła lokalne. Analiza kierunków wiatrów na obszarze Stacji Bazowej Szymbark skłania do stwierdzenia napływu zanieczyszczeń z terenu Słowacji, szczególnie z dużych ośrodków przemysłowych Preszova i Koszyc. Przypuszczenie to potwierdzają badania koncentracji metali ciężkich w plechach porostu *Hypogymnia physodes* na terenie Magurskiego Parku Narodowego. Pobliski ośrodek miejski - Gorlice - stracił znaczenie pod względem przemysłowym, a zatem doszło tu do ograniczenia emisji zanieczyszczeń, a poza tym wiatry wschodnie na Stacji Bazowej w Szymbarku mają znikomy udział w strukturze rocznej, w związku z tym wpływ miasta można pominąć.



Ryc. 3. Średnie miesięczne stężenia SO₂

mierzone na Stacjach Bazowych: Puszczą Borecką, Koniczynka, Pożary, Św. Krzyż i Szymbark w roku hydrologicznym i kalendarzowym 2001

Badania stężeń dwutlenku azotu wskazują, że na początku lat 90-tych dynamika spadku stężeń NO₂ była większa, a w ostatnich latach rozwój motoryzacji i nasilenie transportu drogowego prowadzi do zauważalnego wzrostu zanieczyszczenia atmosfery tlenkami azotu, na co wskazują wyniki badań w Pożarach, Szymbarku, Puszczy Boreckiej.



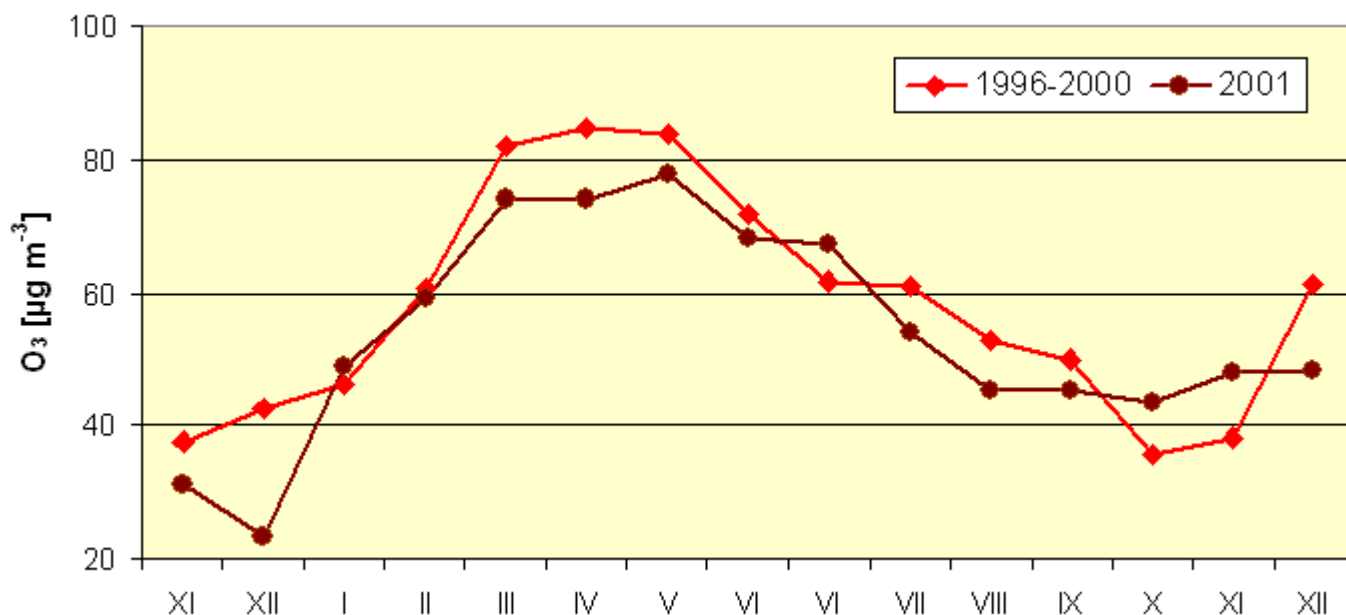
Ryc. 4. Średnie miesięczne stężenia NO₂

mierzone w Stacjach Bazowych: Puszczą Borecką, Pożary, Szymbark i Św. Krzyż w roku hydrologicznym i kalendarzowym 2001

Ozon troposferyczny mierzony w Stacji Bazowej Św. Krzyż w okresie 1994-2001 wykazuje stałe wysokie wartości stężeń. Dopuszczalne wartości stężeń dobowych ozonu na obszarze parków narodowych wynoszą 65

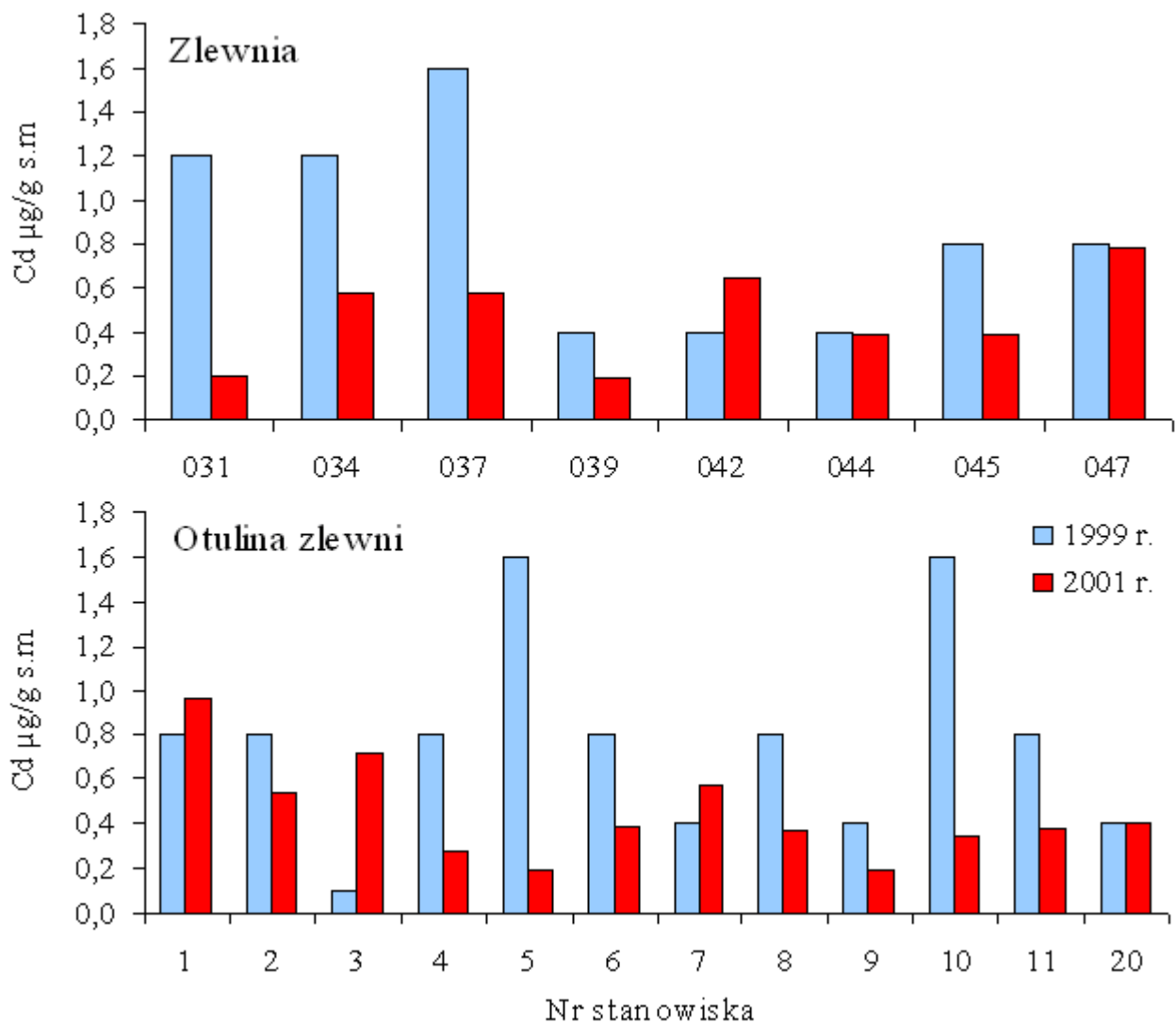
$\mu\text{g m}^{-3}$, podczas gdy na Stacji średnia roczna wartość ozonu w roku kalendarzowym 2001 wyniosła $62,25 \mu\text{g m}^{-3}$, z wysokimi średnimi miesięcznymi szczególnie w lipcu i sierpniu. W roku hydrologicznym 2001 stwierdzono 113 dni z przekroczeniami stężeń D24.

W Stacji Bazowej Puszcza Borecka średnie roczne stężenie ozonu wyniosło 59 mg m^{-3} i było niższe niż w roku poprzednim oraz niższe niż w latach 1996-2000 (Ryc. 5). Na uwagę zasługuje fakt występowania względnie dużych wartości stężeń ozonu w najzimniejszych miesiącach roku - styczniu i lutym, czyli podobnie jak w ostatnich dwóch latach.



Ryc. 5. Średnie miesięczne wartości koncentracji ozonu w przyziemnej warstwie atmosfery dla Stacji Bazowej Puszcza Borecka w 2001 r. na tle średnich z lat 1996-2000 (Śniezek 2002)

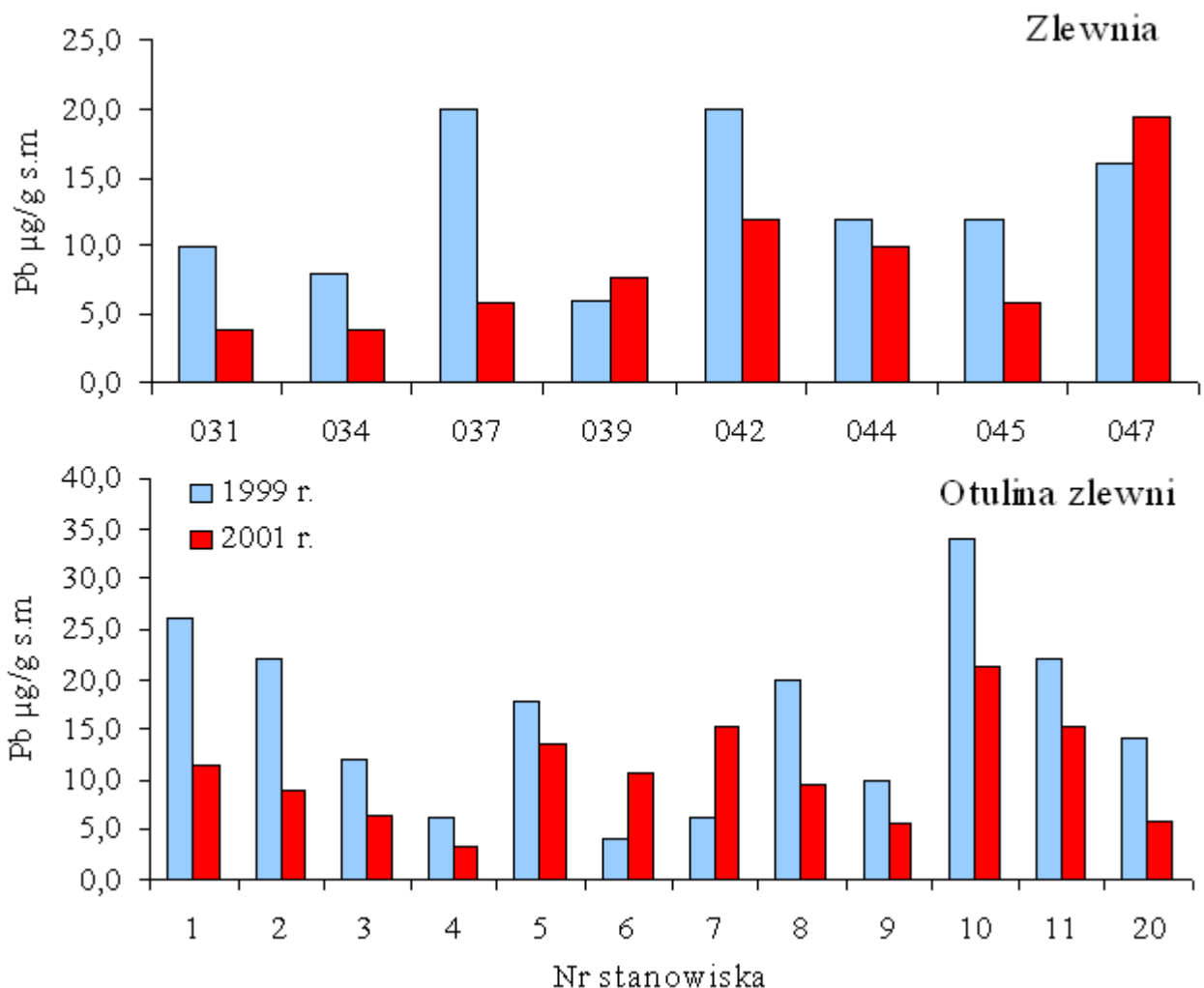
Przy niskich stężeniach zanieczyszczeń powietrza cennym uzupełnieniem, jak i weryfikacją danych o stanie zanieczyszczenia powietrza okazały się metody biologiczne stosujące porost *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. (pustułka pęcherzykowata).



Rys. 6. Koncentracja kadmu w plechach *Hypogymnia physodes* na terenie Stacji Bazowej Wigry w roku 1999 i 2001 (Krzysztofiak 2002)

Porównanie wyników dotyczące koncentracji pierwiastków na Stacjach Bazowych ZMŚP leżących na terenie Parków Narodowych, gdzie w 1998 r. określano na podstawie plech porostów zanieczyszczenia powietrza, wskazuje, że (Sawicka-Kapusta, Zakrzewska 2002):

- na terenie Stacji Wigry i Wigierskiego PN stwierdzono znaczne obniżenie się średnich koncentracji kadmu i ołowiu w plechach *Hypogymnia physodes* (Ryc. 6, 7),
- na terenie Stacji Święty Krzyż nastąpił natomiast wzrost stężeń obydwu toksycznych metali w porównaniu z odpowiadającymi im stężeniami w Świętokrzyskim PN,
- stan zanieczyszczenia kadmem i ołowiem na Stacji Bazowej Pożary i odpowiadającym im punktom na terenie Kampinoskiego PN nie uległ zmianie,
- na wszystkich badanych Stacjach zaobserwowano wzrost koncentracji siarki w porównaniu z badaniami przeprowadzonymi w 1998 r.



Rys. 7. Koncentracja ołowiu w plechach *Hypogymnia physodes* na terenie Stacji Bazowej Wigry w roku 1999 i 2001 (Krzysztofiak 2002)

Pomimo obniżenia się w Polsce poziomu zanieczyszczeń powietrza, w ciągu trzech lat między kolejnymi badaniami nie nastąpił spadek koncentracji metali i siarki w plechach badanych porostów, co wskazuje na ciągłe oddziaływanie źródeł lokalnych, jak i transgranicznego napływu zanieczyszczeń.

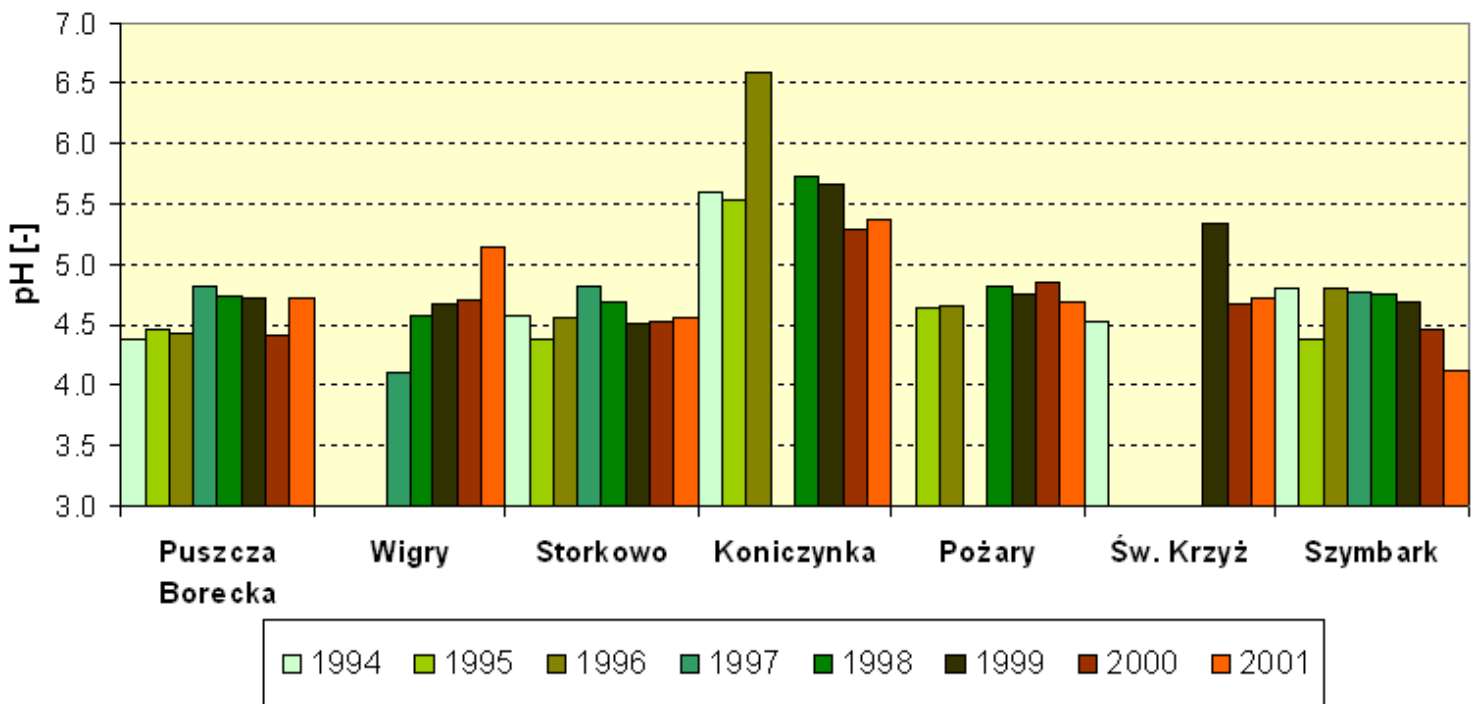
Zanieczyszczenie powietrza metalami ciężkimi i siarką na terenie Stacji Bazowych ZMŚP (m.in. Stacja Bazowa w Koniczynie, Szymbarku i Św. Krzyżu) utrzymuje się na poziomie średnim, głównie z powodu podwyższonych koncentracji kadmu oraz stosunkowo wysokich stężeń ołowiu i siarki w niektórych z nich. Najmniej zanieczyszczone powietrze badanymi metalami i siarką wykazują Stacje Bazowe Storkowo i Wigry, które należałoby zaliczyć do terenów nie zanieczyszczonych. Jednak podwyższone stężenia siarki w porostach z terenów tych Stacji, wyższe aniżeli stwierdzone w czystych parkach narodowych, nie pozwalają na zaliczenie ich do obszarów czystych (Sawicka-Kapusta, Zakrzewska 2002).

Pod względem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego rok hydrologiczny 2001 nie odbiegał znacząco od lat minionych. Wzajemne relacje między poszczególnymi zanieczyszczeniami i podstawowe charakterystyki statystyczne nie różniły się znacząco od obserwowanych wcześniej. Badane zanieczyszczenia powietrza na Stacjach Bazowych z wyjątkiem ozonu przyziemnego, nie przekraczały obowiązujących w Polsce norm.

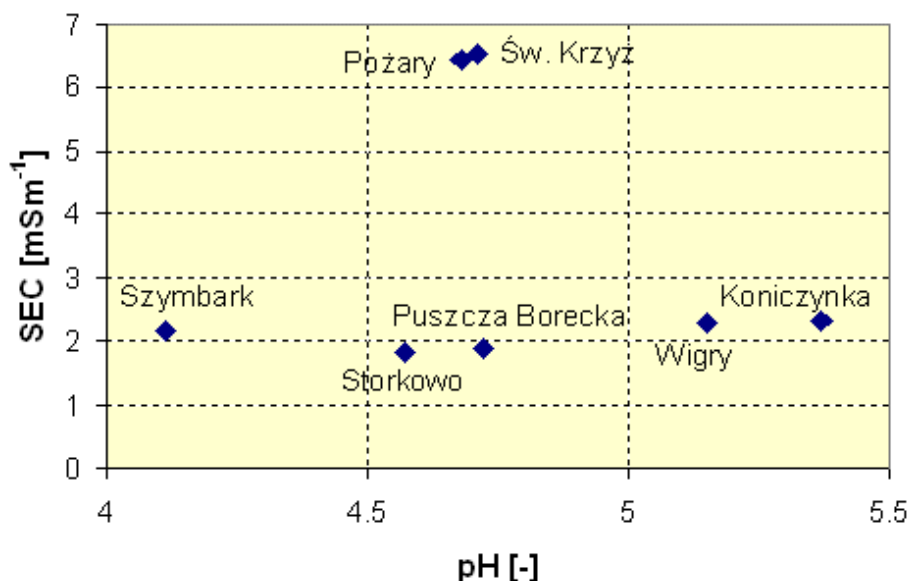
Program pomiarowy C1: chemizm opadów atmosferycznych

Opady atmosferyczne są czynnikiem usuwającym zanieczyszczenia z atmosfery, co w efekcie powodują dostawę tych substancji do ekosystemów i ich stosunkowo szybkie włączenie w obieg materii. Ograniczanie od lat osiemdziesiątych emisji dwutlenku siarki odzwierciedla się także w składzie chemicznym opadów atmosferycznych, opadów podkapowych i splotywie po pniach drzew.

W roku hydrologicznym 2001 na Stacjach Bazowych reprezentujących różne regiony kraju w układzie południkowym, średnie roczne ważone wartości pH mieściły się w granicach od 4,11 (Stacja Bazowa Szymbark, najniższa wartość w okresie 1994-2001) do 5,37 (Stacja Bazowa Koniczynka, jedna z najniższych wartości w okresie badań), co kwalifikuje średni roczny odczyn opadów badanych w Stacjach Bazowych w Storkowie i Szymbarku do grupy opadów o znacznie obniżonym pH, natomiast odczyn normalny miały opady w Wigrach i Koniczynie (Ryc. 8, 10). Pozostałe Stacje zaliczono do grupy z odczynem lekko obniżonym. Zwraca uwagę stopniowy wzrost wartości pH dla Stacji Bazowej w Wigrach (Ryc. 8).



Ryc. 8. Zmienność odczynu wód opadowych obserwowana na Stacjach Bazowych ZMŚP w latach hydrologicznych 1994-2001

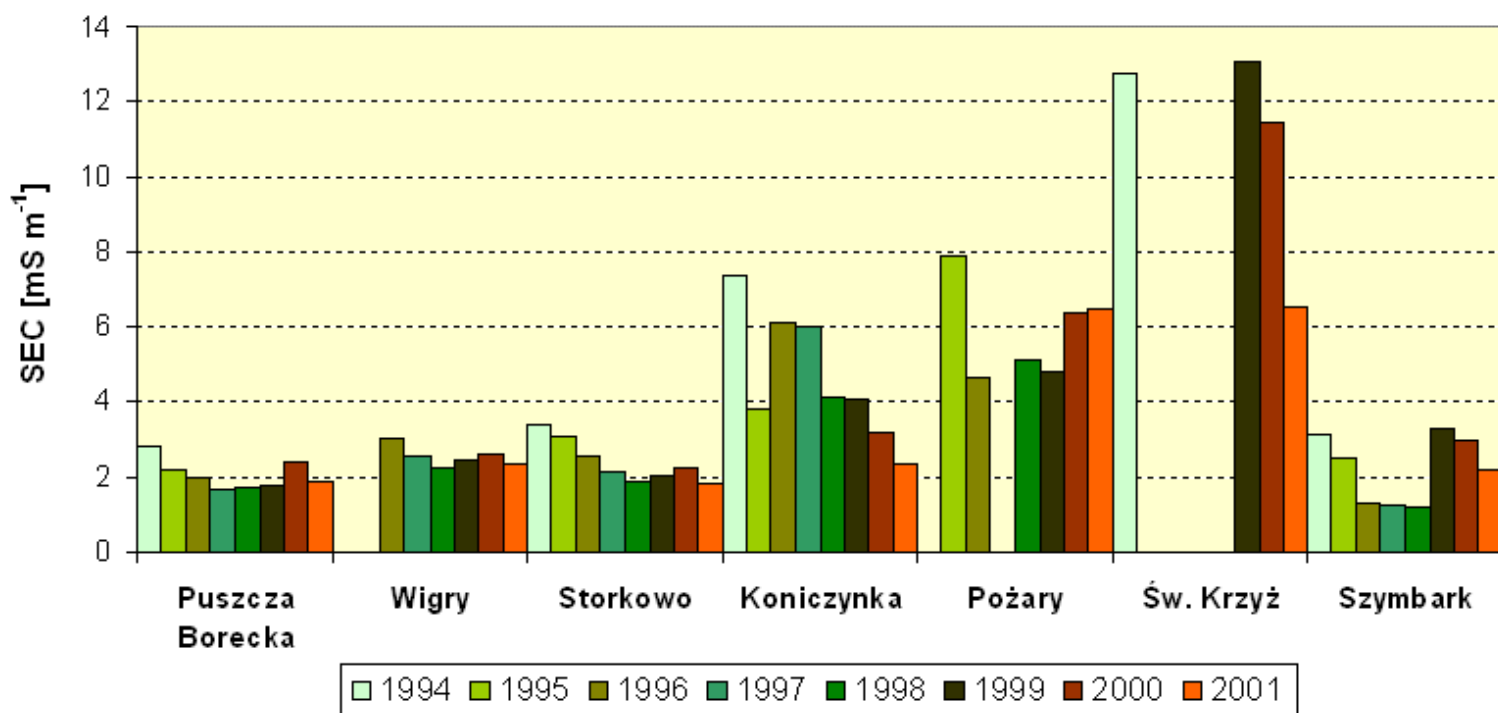


Ryc. 9. Średnia roczna przewodność elektrolityczna właściwa i pH wód opadowych na Stacjach Bazowych ZMŚP w roku hydrologicznym 2001

Obserwuje się korzystną tendencję zaniku opadów szczególnie kwaśnych. Nie następuje jednak bezpośrednia poprawa średniego rocznego odczynu wód opadowych (Ryc. 8), gdyż w zakwaszaniu opadów wzrasta udział tlenków azotu. Rok 2001 jest kolejnym rokiem w Stacji Bazowej w Storkowie, w którym zaznacza się wzrost udziału tlenków azotu w zakwaszaniu opadów atmosferycznych. W środowisku przyrodniczym Regionu Świętokrzyskiego ma miejsce postępujące zakwaszanie wskutek zmniejszanie emisji do powietrza pyłów alkalicznych.

Wyniki pomiarów chemizmu opadów atmosferycznych w roku hydrologicznym 2001 wykazują, że:

- średnie ważone przewodnictwo elektryczne właściwe, będące miarą zawartości substancji rozpuszczonych, dla opadów atmosferycznych w Stacjach Bazowych ZMŚP mieściło się w zakresie od $1,8 \text{ mSm}^{-1}$ (Storkowo, najniższa wartość w minionym ośmioleciu, Ryc. 10) do $6,5 \text{ mSm}^{-1}$ (Św. Krzyż, Ryc. 9, 10). Podwyższona mineralizacja wód opadowych charakteryzuje Stacje Bazowe położone w pobliżu dużych ośrodków miejskich (Pożary i Św. Krzyż), ze względu na wysokie zanieczyszczenia pyłowe i gazowe powietrza atmosferycznego; najniższe wartości SEC zanotowano w położonych poza źródłami zanieczyszczeń pyłowych Stacjach Bazowych: Puszcza Borecka i Storkowo,
- wśród kationów wnoszonych do podłoża z wodami opadowymi dominują kationy wapniowe, amonowe i/lub sodowe, a z anionów siarczany, azotany i/lub chlorki,
- stężenia badanych anionów utrzymują się po 1996 r., na prawie stałym poziomie lub lekko wzrastają, jak np. stężenie azotu azotanowego w Storkowie i Wigrach, uwagę zwracają wyższe wartości stężeń siarki siarczanowej w Szymbarku, które ponad dwukrotnie przewyższają wartości notowane w poprzednich latach,
- depozyt siarki siarczanowej w nizinnej, pojeziernej części Polski szacowany jest w skali roku 2001 na $5\text{-}10 \text{ kg ha}^{-1}$, a w Górach Świętokrzyskich (Stacja Bazowa Św. Krzyż) na ok. 27 kg ha^{-1} , w Karpatach Fliszowych na ok. 20 kg ha^{-1} ,
- ładunek jonów wodorowych wnoszonych do gleby wraz z opadami w 2001 r. w Storkowie wynosił ok. $0,2 \text{ mgm}^{-2}$, w Puszczy Boreckiej ok. $14,5 \text{ mgm}^{-2}$, a na Św. Krzyżu ok. 19 mgm^{-2} .



Ryc. 10. Zmienność przewodności elektrolitycznej właściwej SEC wód opadowych obserwowana w Stacjach Bazowych ZMŚP w latach hydrologicznych 1994-2001

Podwyższone wartości stężeń niektórych składników oraz niskie pH wód opadowych na terenie np. zlewni górnej Parsęty, w Puszczy Boreckiej czy w zlewni Czarnej Hańczy o małej lokalnej emisji, należy wiązać z zanieczyszczeniami napływowymi. Wielkość substancji wprowadzonych do podłoża z opadami atmosferycznymi zależy od ich stężenia, a zarazem natężenia wydalanych do atmosfery zanieczyszczeń. Zmienność wielkości opadów i ich charakteru w ciągu roku wnosi dodatkowy element do oceny ładunku zanieczyszczeń wprowadzonych do podłoża.

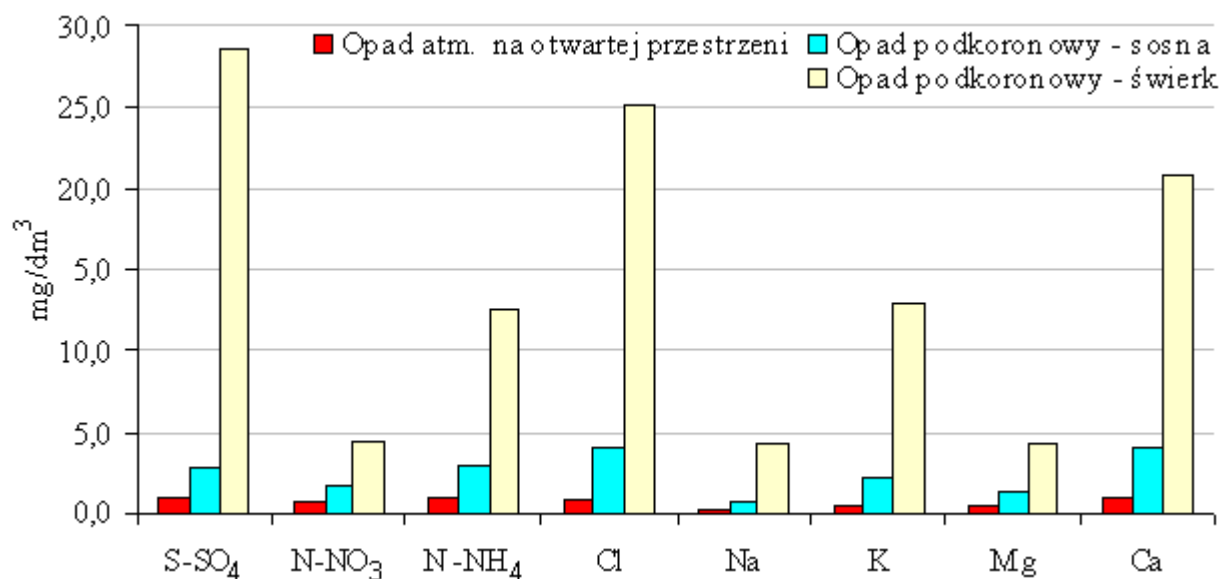
Programy pomiarowe C2 i C3: chemizm opadu podokapowego i spływu po pniach

Programy pomiarowe C2 i C3 obejmują monitoringu opadów atmosferycznych podlegających transformacji w zbiorowiskach leśnych o różnym stopniu oddziaływań zanieczyszczeniami powietrza i gleby. W 2001 roku w Wigrach monitoringiem opadu podokapowego i spływu po pniach objęte zostały sosny i świerki, w Storkowie sosny, a na Św. Krzyżu buki i jodły.

Zlewnia eksperymentalna Wigierskiej Stacji Bazowej w przeważającej części pokryta jest przez drzewostany zbudowane z sosny i świerka. Średnia roczna intercepcja w roku hydrologicznym 2001 wynosiła dla sosny 38,5%, a dla świerka 43,5%. Ilość opadu przenikającego przez drzewostan jodłowo-bukowy na Św. Krzyżu oszacowano na 683,8 mm, co stanowi 75,3% opadu bezpośredniego, a w drzewostanie bukowym 632,6 mm czyli 69,7%.

W roku hydrologicznym 2001 średnia ważona wartość pH opadów pod okapem drzewostanu w Wigrach była najwyższa w ciągu wszystkich lat badań i wynosiła 5,48 - w drzewostanie sosnowym i 5,66 - w drzewostanie świerkowym. Średnie ważone pH w drzewostanie jodłowo - bukowym na Św. Krzyżu wynosiło 4,09, w drzewostanie bukowym 4,77, natomiast średnia wartość pH wód spływających po pniach jodeł wynosiła 3,14, a dla wód spływających po pniach buków 3,98. W Storkowie średnia ważona wartość pH kształtowała się na poziomie 4,60 w opadzie podkoronowym i 3,67 w spływie po pniach sosen. Skala zmienności stężenia protonów jest zdecydowanie większa w przypadku opadu podkoronowego, gdy wartość pH spływu po pniach sosny zwyczajnej w skali roku hydrologicznego jest prawie stała. Ma to decydujące znaczenie dla procesów glebowych zachodzących wokół pni drzew. Pomimo niewielkiego ładunku protonów dopływających do dna lasu ze spływem po pniach wielkość koncentracji oraz jej stały charakter w ciągu całego roku mają zasadnicze znaczenie dla procesów wietrzenia chemicznego i ługowania gleb.

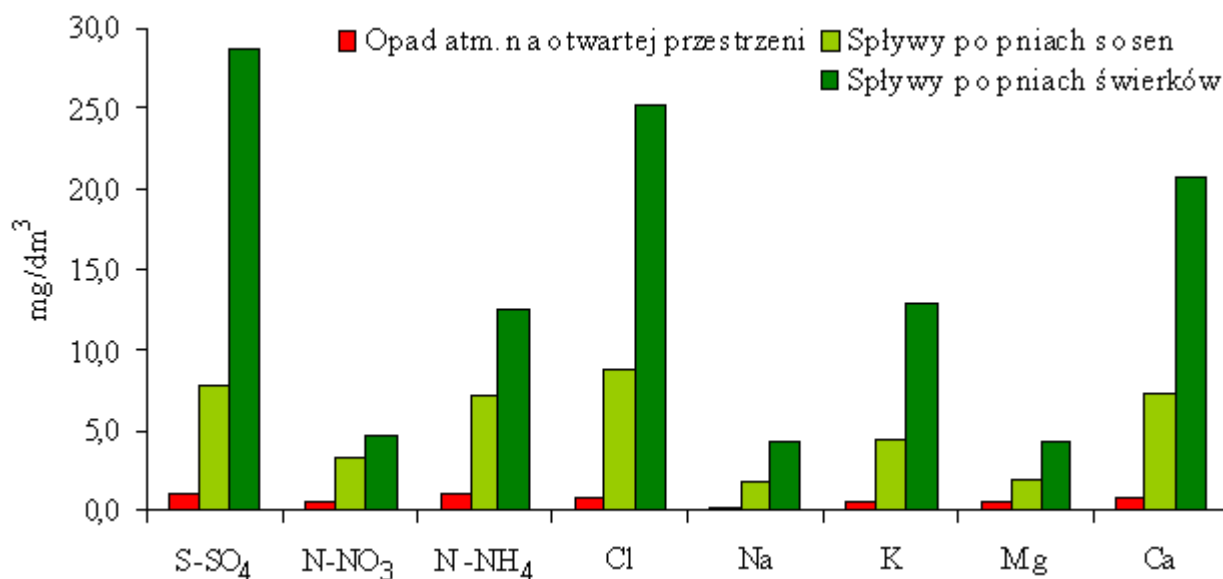
Dla poszczególnych jonów notowane stężenia zarówno w opadzie podokapowym jak i spływie po pniach drzew, znacząco przewyższają wartości obserwowane w opadzie na terenie otwartym (por. Wigry, Ryc. 11, 12). Koncentracja substancji rozpuszczonych w badanych fitocenozach była zdecydowanie niższa w opadzie podokapowym w stosunku do spływu po pniach drzew. O mineralizacji wód spływającej po pniach sosen w Wigrach decydowały przede wszystkim jony NH_4 , natomiast w wodzie spływającej po pniach świerków jony: SO_4 , Na i NH_4 . Stężenia jonów w wodzie spływającej po pniach drzew były do kilkudziesięciu razy wyższe niż w opadzie atmosferycznym na otwartej przestrzeni (Rys. 12).



Rys. 11. Średnie stężenia wybranych jonów w opadzie atmosferycznym na otwartej przestrzeni i pod okapem drzewostanu w Sobolewie (Stacja Bazowa Wigry) w roku hydrologicznym 2001 (Krzysztofiak 2002)

Przewodność elektrolityczna właściwa opadu podkoronowego w Storkowie kształtowała się na poziomie 4,65 mSm^{-1} , natomiast w spływie po pniach sosny na poziomie 16,96 mSm^{-1} . Jony siarczanowe są

podstawowym składnikiem zarówno opadu podkoronowego jak i również spływu po pniach drzew. Siarczany uważane są za wskaźnik depozycji suchej. Ilość wymytych z igliwia SO_4 jest równa ilości pochłoniętego przez aparat szparkowy SO_2 . Zatem depozyt siarczanów oddaje w reprezentatywny sposób wielkość dopływu atmosferycznego, czyli jest wskaźnikiem zanieczyszczenia atmosfery (Jóźwiak i in. 2002).



Rys. 12. Średnie stężenia wybranych jonów w opadzie z otwartej przestrzeni i w wodzie spływającej po pniach drzew w Sobolewie (Stacja Bazowa Wigry) w roku hydrologicznym 2001 (Krzysztofiak 2002)

Wody podkoronowe na Św. Krzyżu w drzewostanie jodłowo-bukowym wnoszą do podłoża 2-4-krotnie większy ładunek S-SO₄, Cl, N-NH₄ i N-NO₃ niż opad bezpośredni. Nieco mniejsze ładunki tych związków wnoszone były do podłoża po przejściu przez korony drzew w drzewostanie bukowym. Jest to wynikiem gromadzenia się w koronach drzew, głównie iglastych (jodła), dużych ilości zanieczyszczeń z suchej i wilgotnej imisji, które następnie są uruchamiane przez wody opadowe. Przewodność właściwa wód spływających po pniach jodeł wynosiła średnio 63,4 mSm⁻¹, natomiast po pniu buka 19,95 mSm⁻¹. Są to wartości ponad 10-krotnie wyższe w wodach spływających po pniach jodeł i 3-krotnie wyższe w wodach spływających po pniach buków w stosunku do wód opadu bezpośredniego. W wodach spływających po pniach zanotowano również stosunkowo wysokie stężenia anionów: SO₄, NO₃ i Cl oraz kationów: Ca, K, NH₄. W wodach spływających po pniach jodeł wartości te są większe niż w wodach spływających po pniach buków, co wynika z różnicy w budowie morfologicznej badanych gatunków drzew i większej powierzchni chłonnej kory jodły.

W warunkach małego zanieczyszczenia powietrza o jakości wód docierających do dna lasu decyduje przede wszystkim skład gatunkowy, wiek drzewostanu i charakter siedliska, natomiast na obszarach zanieczyszczonych większe znaczenie nabiera sucha depozycja na powierzchni drzew.

[poprzedni](#) | [następny](#)

Program pomiarowy D1: metale ciężkie w porostach

Z bioindykatorów jakimi są m.in. porosty wybrano porost *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. (pustułka pęcherzykowata), który został zastosowany w 2001 r. na Stacjach ZMŚP jako biowskaźnik skażenia powietrza metalami ciężkimi i dwutlenkiem siarki. W sezonie letnim 2001 prowadzony był równoległe z wytyczaniem i obserwacjami na powierzchniach monitoringowych porostów pobór próbek jednego gatunku porostu w celu oznaczenia i późniejszego monitorowania zawartości wybranych metali ciężkich oraz siarki. Analiza chemiczna metali ciężkich, takich jak Cd, Pb, Zn, Cu i Fe, została wykonana przez prof. Katarzynę Sawicką-Kapustę z zespołem, z Zakładu Monitoringu Środowiska Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie (Sawicka-Kapusta, Zakrzewska 2002). Wstępny pogląd na stopień skażenia środowiska na podstawie koncentracji siarki i metali ciężkich w plecach *Hypogymnia physodes* zebranych na terenach Stacji Bazowych przedstawiono w **pkt. B1**.

[poprzedni](#) | [następny](#)

Program pomiarowy E1: gleby

Zakwaszenie gleb stanowi zagrożenie w skali regionalnej i kraju. Zjawisko to ma w Polsce przyczyny naturalne, związane z pierwotnymi cechami środowiska (skała macierzysta, roślinność) pogłębiane obecnie przez czynniki antropogeniczne (kwaśne deszcze, niewłaściwe nawożenie mineralne). W ramach programu E1: gleby wytypowano i skartowano pięć glebowych powierzchni testowych na terenie zlewni Chwalimskiego Potoku w Storkowie, na terenie Puszczy Boreckiej w Diablej Górze, w zlewni Czarnej Hańczy w Wigrach oraz w zlewni Strugi Toruńskiej w Koniczynie. W roku hydrologicznym 2001 na terenie zlewni badawczej Stacji Bazowej ZMŚP Św. Krzyż zespół pod kierunkiem dr hab. inż. Jolanty Komisarek (2001) wykonał kartowanie gleb (Tab. 1). Prowadzone były również prace nad zaktualizowaniem mapy glebowej w zlewni jeziora Łękuk (Śnieżek 2002). Powierzchnie glebowe (cztery z nich w obrębie gleb płowych, a na Stacji Bazowej Św. Krzyża na glebach brunatnych kwaśnych) różnią się między sobą budową profili glebowych, aktualnymi procesami glebowymi, rytmem uwilgotnienia oraz zlokalizowaniem na obszarach o zróżnicowanej skali zagrożenia zanieczyszczeniem.

Ze względu na niewielkie tempo zmian zachodzących w profilu glebowym kartowania glebowych wykonane są w cyklach pięcioletnich.

Tabela 1. Charakterystyka badanych powierzchni glebowych na Stacjach Bazowych ZMŚP

Cecha	Storkowo, zlewnia Chwalimskiego Potoku	Puszcza Borecka, zlewnia jeziora Łękuk	Wigry, zlewnia Czarnej Hańczy	Koniczyna, zlewnia Toruńskiej Strugi	Święty Krzyż, stok Łysej Góry
typ gleby	gleby płowe zaciekowe, gruntowo-glejowe	gleby płowe zaciekowe opadowo- glejowe	gleby płowe (z)bielicowane	gleby płowe opadowo- glejowe	gleby brunatne kwaśne o różnym stopniu zbielicownia
gatunek gleb	piaski gliniaste płytkie do średnio głębokich zalegające na glinach piaszczystych lub glinach lekkich	piaski gliniaste płytkie do średnio głębokich zalegające na glinach lekkich lub średnich	piaski gliniaste lub słabogliniaste, płytkie do średnio głębokich, zalegające na piaskach szkieletowych	gлина lekka silnie	pyły, glina pylista i piaszczysta z rumoszem skalnym
warunki drenażu	dostateczne do dobrych	dobrze	nadmierne	średnio dobre	niedostateczne do dobrych
ekspozycja	NW	SE	SW	SW	SSW-NNE
użytkowanie terenu	użytek zielony	kompleks leśny	kompleks leśny	użytkowanie rolnicze	kompleks leśny
pH w H ₂ O	5,31	4,54	4,58	6,48	3,72
pH w KCl	4,28	3,70	3,61	5,45	2,97
C org. [g kg ⁻¹]	16,07	16,90	27,8	8,13	6,87

Oprócz badań w cyklu pięcioletnim, w Koniczynie realizowane są przez Ośrodek Badawczy Biologii Stosowanej UMK jednoroczne cykle badań zmienności przestrzennej podstawowych właściwości gleb, takich jak zawartość węgla i azotu, odczyn, oraz zawartość łatwo dostępnych (aktywnych) form dwóch podstawowych dla życia roślin pierwiastków fosforu i potasu. W czarnych ziemiach zbadano również zmienność przestrzenną miąższości poziomu próchnicznego.

Gleby badane na Stacjach Bazowych poza Stacją Bazową w Koniczynie, zaliczają się do grupy gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych, które narażone są na degradację m.in. na skutek oddziaływania kwaśnych

deszczy. Zakwaszenie gleb wpływa niekorzystnie na wielkość plonów, zmniejsza ilość i dostępność substancji odżywczych, a zarazem ułatwia przyswajanie przez rośliny metali ciężkich.

[poprzedni](#) | [następny](#)

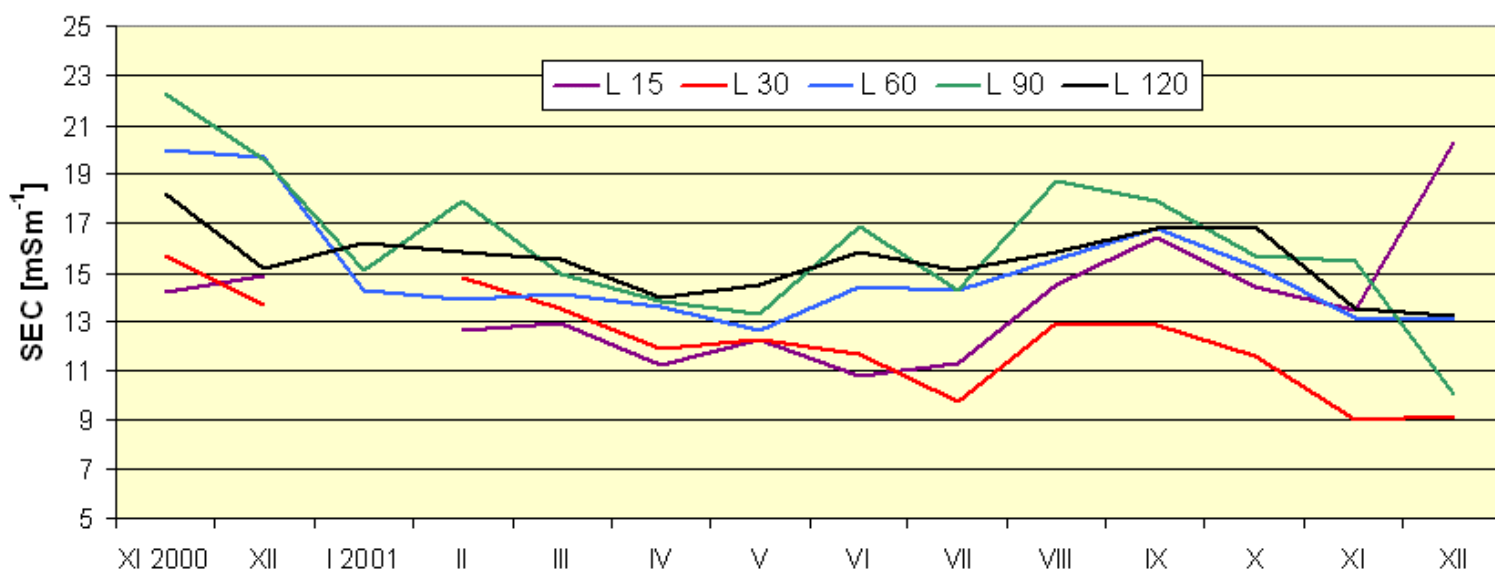
Program pomiarowy F1: chemizm roztworów glebowych

Obieg wody w zlewniach badawczych kontrolowany jest przez badania wielkości spływu śródglebowy, zmienności poziomu wód gruntowych i odpływu rzeczno. Spływ śródglebowy jest procesem towarzyszącym długotrwałym okresom dostawy wody: kilku-lub kilkunastodniowym okresom opadów rozlewnych lub roztopom, szczególnie podczas braku zamarzliny. Wielkość spływu śródglebowego badana jest w ramach monitoringu specjalistycznego w Stacji Bazowej Szymbark. W roku hydrologicznym 2001 stwierdzono wystąpienie spływ o wysokości 77 mm, z jego dominacją w półroczu letnim (46 mm).

Monitoring roztworów glebowych prowadzono w Stacjach Bazowych w Storkowie, Koniczynie (odpływ drenarski), Szymbarku (spływ śródpokrywowy) i na Św. Krzyżu. Badania w zlewni górnej Parsęty i na zboczu Łysej Góry prowadzone są na powierzchni testowej leśnej gdzie oznacza się także opad podokapowy i spływ po pniach drzew.

W zlewni górnej Parsęty w roku hydrologicznym 2001 wartość pH zmieniała się od 4,69 na głębokości 30 cm do 4,85 jednostek pH w poziomie skały macierzystej (na głębokości 120 cm). Wartości przewodności elektrolitycznej kształtowały się w zakresie od $61,57 \text{ mScm}^{-1}$ na głębokości 30 cm do 59,85 i 85,20 na poziomie 60 i 120 cm. Małe zróżnicowanie w pionie składu chemicznego roztworów glebowych wynika z homogeniczności osadów - piaski różnoziarniste pochodzenia fluwioglacjalnego w całym badanym profilu.

Na podstawie badań właściwości fizyko-chemicznych roztworów glebowych na Stacji Bazowej Św. Krzyż stwierdzono, że roztwory glebowe na głębokościach 15, 30, 60, 90 i 120 cm ulegają jeszcze zakwaszeniu (pH wód opadowych 4,71). Średnia ważona wartość pH na wszystkich badanych głębokości wynosiła 3,67. O zakwaszeniu roztworów decydują głównie siarczany i chlorki pochodzące z depozycji suchej i mokrej oraz z opadu pokoronowego. Przewodność elektrolityczna właściwa roztworów glebowych mieściła się w granicach od $12,78$ do $16,72 \text{ mSm}^{-1}$ i rozłożona był nierównomiernie (Ryc. 13).



Ryc. 13. Przewodność elektrolityczna właściwa roztworów glebowych SEC w okresie XI 2000 - XII 2001 na Stacji Bazowej Święty Krzyż na głębokościach 15, 30, 60, 90 i 120 cm (Józwiak, Kozłowski, Wróblewski 2002)

Odczyn wody ze spływu śródpokrywowego w Szymbarku w porównaniu z odczynem opadów atmosferycznych był wyższy, lekko kwaśny (pH 6,05), co wynika ze stosunkowo płytkiego krążenia wody (warstwa gleby o miąższości 1 m), czasu infiltracji i ilości dostępnych związków chemicznych. Zmienność średnich miesięcznych stężeń anionów HCO_3 i SO_4 stanowi źródło informacji o drogach krążenia wód i źródłach dostawy substancji rozpuszczonych. Jon HCO_3 związany jest z litologią podłoża piaskowcowo-łupkowego, a SO_4 zaś z obecnością substancji organicznej i zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska glebowego. W miesiącach luty-kwiecień oraz w sierpniu zaznacza się wyraźna przewaga w wodach anionu siarczanowego uruchamianego po okresie stosunkowo długiej relaksacji systemu glebowego (brak spływu przez prawie 6 miesięcy), która wpłynęła na nagromadzenie się produktów wietrzenia, zanieczyszczeń osiadających z powietrza i związków z rozkładającej się substancji organicznej. W miesiącach lipcu i wrześniu dominował w wodach anion HCO_3 , co związane było z kilkutygodniowym czasem głębszego krążenia wody w glebie oraz rozpuszczaniem jonów autochtonicznych, a następnie wystąpieniem tzw. spływu powrotnego w profilu glebowym (Bochenek 2002).

Program pomiarowy F2: wody gruntowe

Obserwacje wód gruntowych najsilniej rozbudowane są na Stacji Bazowej Pożary ze względu na znaczenie wód gruntowych dla przyrody Kampinoskiego Parku Narodowego. Pomiarów prowadzonych jest obecnie na 21 stanowiskach piezometrycznych usytuowanych w trzech transektach badawczych, prostopadłych do osi Kotliny Pożary, w strefie zasilania i lokalnego drenażu (Wierzbicki 1998).

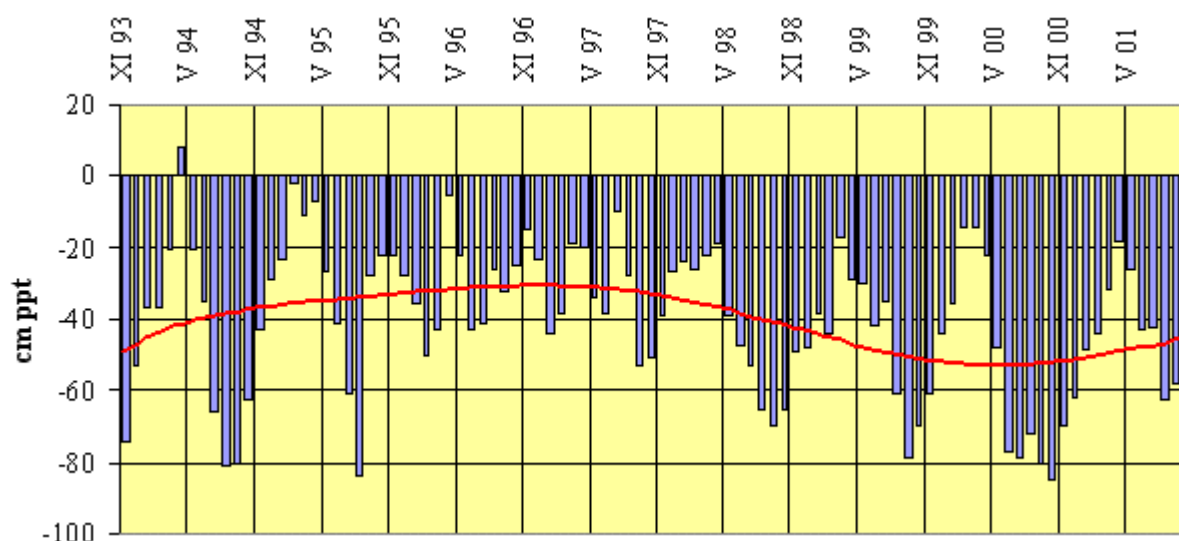
Poziom wód gruntowych mierzony był tylko na jednym stanowisku w Wigrach, Koniczynie i Szymbarku. W Stacji Bazowej w Storkowie pomiary realizowano w zlewni Chwalimskiego Potoku, na 3 stanowiskach obejmujących pierwszy poziom wodonośny i jednym wypływie (ZR) oraz w źródle w zlewni Krętacza. Monitoring wód gruntowych na Św. Krzyżu prowadzony na północnym stoku głównego masywu Łysogór, obejmował dwa źródła (Z1 i Z2) zlokalizowane pod gołoborzami na wysokościach odpowiednio 536 m n.p.m. i 512 m n.p.m., trzecie źródło (Z3) znajduje się u podnóża stoku na wysokości 328 m n.p.m.

Analiza zmian poziomu wód gruntowych w latach 1994-2001 wskazuje na początkowy trend wzrostowy stanów wód gruntowych, który stanowił reakcję na poprawę warunków opadowych po okresie suszy z lat osiemdziesiątych i na początku lat dziewięćdziesiątych. W połowie lat 90-tych XX w. nastąpiła wyraźna stabilizacja poziomu wód gruntowych, naruszona przez suchy rok 2000.

W Stacji Bazowej Pożary najwyższe stany wód utrzymywały się na zbliżonym poziomie przez dziewięć lat badań. W latach 1996 - 1998 miało miejsce bardzo wyraźne podniesienie stanów minimalnych, ale w następnych dwóch latach nastąpił ich powrót do stanu wyjściowego i kolejny wzrost w roku 2001. W roku hydrologicznym 2001 dla wszystkich stanowisk od listopada do kwietnia trwała tendencja do podnoszenia się stanu wód gruntowych. W okresie od maja do sierpnia wystąpiło znaczne obniżenie poziomu wód gruntowych, po którym w dwóch kolejnych miesiącach wystąpił ponowny wzrost średnich stanów. Zaobserwowany rozkład na Stacji można uznać za typowy przykład wzajemnych powiązań pomiędzy stanami wód gruntowych a zapotrzebowaniem na wodę roślinności, przy dość zrównoważonym rozkładzie opadów (Ryc. 14).

Stany pierwszego poziomu wód gruntowych na obszarach badań w Wigrach i Storkowie w 2001 r. wykazywały niewielki spadek. Poziom zwierciadła wody gruntowej badany w Wigrach był najniższy w okresie jesienno-zimowym, tj. od stycznia do marca i we wrześniu, a najwyższy wiosną w miesiącach kwiecień-czerwiec. W porównaniu do wyniku z roku hydrologicznego 2000 średni poziom wody gruntowej obniżył się o 13 cm.

Zwierciadło wód podziemnych w zlewni jeziora Łękek utrzymywało się w ciągu całego roku na wyrównanym poziomie. Miało to korzystny wpływ na warunki hydrologiczne (wodne i wilgotnościowe) w podtopionych zwykle bagiennych obniżeniach terenu, które licznie występują w zlewniach dopływów jeziora Łękek. Wysokie stany wód gruntowych zanotowano w Koniczynie, które były spowodowane ekstremalnie wysokimi opadami atmosferycznymi.



Ryc. 14. Zmienność poziomu wód gruntowych dla stanowiska 11 na Stacji Bazowej Pożary w roku hydrologicznym 2001 (Wierzbicki 2002)

W Szymbarku woda gruntowa pobierana jest ze źródła "Wiatrówki" zaliczanego do grupy źródeł stokowych, na kontakcie utworów magurskich i pstrych łupków eoceńskich. Obszar występowania piaskowców magurskich, przeważnie zalesiony o dobrej przepuszczalności pokryw, jest głównym zbiornikiem wód gruntowych dla tego obszaru. Zasoby wodne piaskowcowo-łupkowych warstw inoceramowych i łupków pstrych są niewielkie. Głębszej infiltracji wody nie sprzyjają słabo przepuszczalne, gliniaste pokrywy zwierzelinowe (Bochenek 2002).

Skład chemiczny wód gruntowych kształtuje się pod wpływem opadów atmosferycznych, składu mineralnego podłoża, czasu krążenia wód oraz rzeźby i pokrycia terenu. Zróżnicowanie składu chemicznego wód gruntowych w zlewni Kanału Olszowieckiego warunkuje przede wszystkim budowa geologiczna podłoża (obszary piasków wydmy, torfowiska), z którą mają kontakt wody gruntowe. Nie stwierdzono w roku 2001 wpływu szkodliwych substancji z terenów sąsiednich.

Obserwacje wód źródeł na Św. Krzyżu, wskazują, że niskie pH wynika z przemysłowego typu gospodarki wodnej w glebach i z występowaniem kwaśnych opadów. W roku hydrologicznym 2001 w źródłach w części wierzchowinowej zlewni średnia roczna wartość pH wynosiła 3,67. W dynamice silnie kwaśnych do kwaśnych wód źródła w stosunku do roku poprzedniego zaznacza się postępujące zakwaszenie. Wody źródeł badanych na Św. Krzyżu charakteryzują się też zróżnicowanymi stężeniami badanych pierwiastków w zależności od położenia w obrębie zlewni. Przewodność elektrolityczna właściwa wód źródlanych mieści się w granicach średnio od 9,1 do 15,0 mSm⁻¹ w wierzchowinowej części zlewni, a u podnóża stoku średnia roczna wartość wynosiła 27,6 mSm⁻¹. Na podstawie klasyfikacji Altowskiego i Szwieca źródło Z2 zakwalifikowano jako siarczanowo-chlorkowo-magnezowo-wapniowe, zaś źródło Z3 jako chlorkowo-wapniowe. Według klasyfikacji zwykłych wód podziemnych dla potrzeb monitoringu wody badanych źródeł zaliczono do klasy III o niskiej jakości.

Woda ze źródła w Stacji Bazowej Szymbark zaliczona została do grupy wód prostych: wodorowęglanowo-wapniowych. Mimo płytkiego występowania zwierciadła wód gruntowych należy przypuszczać, że woda dopływająca do źródła jest wodą głębokiego krążenia i nie podlega wpływowi zanieczyszczeń powierzchniowych, co pozwala generalnie na jej zaliczenie do klasy Ia (najwyższej czystości).

Również badania właściwości fizyko-chemicznych wód gruntowych w Stacji Bazowej w Wigrach wskazują na ich wysoką jakość - klasa Ib. Przy klasyfikowaniu wód nie wzięto pod uwagę wartości manganu i przewodności elektrycznej, które były charakterystyczne dla II klasy czystości. O klasie czystości Ib zdecydowały stężenia glinu i azotanów. Według klasyfikacji Altowskiego i Szwieca badane wody zaliczono do wód prostych wodorowęglanowo-wapniowych. W wodach podziemnych, w warstwie przypowierzchniowej zlewni jeziora Łękuk głównymi rozpuszczonymi składnikami są kwaśne węglany wapnia (wody typu wodorowęglanowo-wapniowego).

W zlewni Chwalimskiego Potoku (Stacja Bazowa Storkowo) wszystkie wody badane w piezometrach reprezentują wody proste, w trzech przypadkach wodorowęglanowo-siarczanowo-wapniowe (piezometry), w jednym - wodorowęglanowo-wapniowe (ŻR). Według klasyfikacji zwykłych wód podziemnych dla potrzeb monitoringu, wody reprezentują wody najwyższej jakości (Ia). Zanotowane przekroczenia dotyczyły przewodności elektrolitycznej właściwej oraz stężeń jonów fosforanowych i azotanowych, a w przypadku punktu ŻR - również stężenia jonów wodorowęglanowych. Wśród składników oznaczanych w wodach źródła Krętacza, stężenia jonów manganu przekraczają normę wyznaczoną jako dopuszczalną dla wód pitnych. Dodatkowo wody te dyskwalifikuje wyraźnie wyczuwalny zapach siarkowodoru. Według klasyfikacji zwykłych wód podziemnych wody źródła można zaliczyć do klasy wód o jakości wysokiej (Ib).

Zagrożeniem dla geosystemów Polski stają się nie tyle niekorzystne wahania zwierciadła wód gruntowych, co ich zanieczyszczenia. Litologia utworów powierzchniowych, warunkująca wysoki stopień infiltracji, w przypadku części badanych obszarów wskazuje, że poziomy wodonośne mogą być łatwo narażone na zmiany jakości spowodowane wpływami naturalnymi lub antropogenicznymi. Do wód gruntowych dostają się także infiltrujące, zanieczyszczone siarczanami i azotanami, kwaśne wody opadowe. Duże wartości stężeń jonów chlorkowych i sodowych obserwowane na Św. Krzyżu świadczą o antropogenicznym pochodzeniu tych związków.

Program pomiarowy G1: chemizm organów asymilacyjnych (listowia)

Program chemizm organów asymilacyjnych (listowia) realizowany jest na Stacji Bazowej Św. Krzyż i obejmował analizy liści buka i graba oraz igły jodły. Badania prowadzono na dwóch powierzchniach, zróżnicowanych pod względem wysokości nad poziomem morza, co w efekcie powoduje zmienność depozycji zanieczyszczeń z powietrza.

Analiza składu chemicznego organów asymilacyjnych wykazała, że zarówno w igłach jodły, jak i w liściach buka i graba na powierzchni zlokalizowanej powyżej 500 m n.p.m. akumuluje się znacznie większa ilość Cl, S, Pb, Zn - pierwiastków pochodzących z powietrza niż w organach asymilacyjnych na powierzchni położonej niżej. Biorąc pod uwagę zróżnicowanie botaniczne organów asymilacyjnych stwierdzono, że w liściach buka jest więcej pierwiastków: P, Ca, K w stosunku do ilości tych pierwiastków w igłach jodły. W igłach jodły natomiast stwierdzono większą zawartość Ni i Zn. Świadczy to o zubożeniu jodły w składniki biogenne, które zostały wymyte przez kwaśne, agresywne wody opadowe występujące w wierzchowinowej części zlewni.

[poprzedni](#) | [następny](#)

Program pomiarowy G2: chemizm opadu biologicznego

Poznanie ilościowego i jakościowego składu opadu organicznego jest elementem pozwalającym rozpoznać relacje między stanem drzewostanu, a warunkami panującymi w biotopie, szczególnie w glebach. Od puli opadu organicznego dostającego się corocznie do powierzchni gleby zależy akumulacja materii organicznej na jej powierzchni i w profilu glebowym.

Dynamika opadu organicznego badana jest na obszarze Stacji Bazowej Św. Krzyż, na poletkach (A i B) wydzielonych na podstawie różnic w składzie gatunkowym drzewostanu kwaśnej buczyny karpackiej, profilu glebowego i reliefu. Całkowita masa opadu biologicznego na powierzchni A wyniosła $3065,2 \text{ kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$, natomiast na powierzchni B $3665,3 \text{ kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$. W składzie chemicznym opadu biologicznego dominuje chlor, którego łączna depozycja na obu poletkach wahała się od $40,68$ do $47,09 \text{ kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$, wapń od $13,33$ do $13,43 \text{ kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ i fosfor od $8,55$ do $8,69 \text{ kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$.

[poprzedni](#) | [następny](#)

Program pomiarowy H1: wody powierzchniowe - rzeki

Znaczenie programu pomiarowego: rzeki jest niezmiernie istotne dla rozpoznania charakteru funkcjonowania procesów hydrologicznych, geomorficznych, geochemicznych i biologicznych w zlewni. Program pomiarowy monitorujący wody rzeczne realizowany jest we wszystkich Stacjach Bazowych.

Badania wód powierzchniowych w ramach ZMŚP prowadzone są w zlewniach należących do różnych makro i mezoregionów fizycznogeograficznych (Tab. 2), położonych w regionach: pojeziernym, nizinnym i podgórskim. Zróżnicowany zakres realizacji tego programu związany jest między innymi z odmiennym wykształceniem i rozwojem sieci rzecznej w badanych geosystemach.

Tabela 2. Sieć monitoringu wód powierzchniowych w ramach ZMŚP (wg J. Ostrowskiego 1998, z uzupełnieniami)

Zlewnia	Pow. zlewni [km ²]	Zlewnia/Dorzecze	Mezoregion fizycznogeograficzny	Makroregion fizycznogeograficzny
Parsęta Młyński Potok	74,0 3,9	Morze Bałtyckie Parsęta	Pojezierze Drawskie	Pojezierze Zachodniopomorskie
jezioro Łękek	13,3	Węgorapa/Pregoła	Kraina Wielkich Jezior	Pojezierze Mazurskie
Czarna Hańcza	7,4	Niemen	Równina Augustowska	Pojezierze Litewskie
Struga Toruńska	35,2	Wisła	Pojezierze Chełmińskie	Pojezierze Chełmińsko- Dobrzyńskie
Kanał Olszowiecki	20,2	Łasica/Wisła	Kotlina Warszawska	Nizina Środkowo-Mazowiecka
zlewnia I rzędu	1,3	Kamienna/Wisła	Góry Świętokrzyskie	Wyżyna Kielecko- Sandomierska
Bystrzanka	13,0	Ropa/Wisła	Beskid Niski/Pogórze Ciężkowickie, Doły Jasielsko-Sanockie	Beskidy Środkowe/Pogórze Środkowobeskidzkie

Z dotychczasowych badań wynika, że Czarna Hańcza ma ustrój hydrologiczny umiarkowany, z głównym wezbraniem wiosennym i słabo zaznaczonym wezbraniem zimowym oraz gruntowo-deszczowo-śnieżnym typem zasilania. Przebieg średnich dobowych stanów i przepływów w roku hydrologicznym 2001 był odmienny od warunków z poprzedniego roku, zwłaszcza w pierwszej jego części. Najwyższe średnie stany i przepływy dobowe zarejestrowano w pierwszej połowie listopada i w lipcu co było efektem dużego zasilania opadowego. Współczynnik odpływu w roku hydrologicznym 2001 wyniósł 0,33.

Cieki zasilające jezioro Łękek na Pojezierzu Mazurskim wykazywały zróżnicowanie natężenia przepływu, silnie uzależnione od zasilania opadowego i charakteru roztopów. Względnie wysokie przepływy zaobserwowano w okresie luty-marzec (roztopy) i wrzesień-październik. Wysokie opady w okresie lipiec-wrzesień nie wpłynęły znacząco na stany jeziora i odpływu ze względu na wysokie parowanie i dużą transpirację.

W roku hydrologicznym 2001 w górnej Parsęcie i Młyńskim Potoku zaobserwowano występowanie dwóch głównych okresów o zasilaniu opadowym (luty-maj i wrzesień-październik) oraz dwóch okresów o zasilaniu gruntowym (listopad-styczeń oraz czerwiec-sierpień). Odmiennie niż w poprzednich latach przepływy w półroczu letnim były znacznie wyższe niż w półroczu zimowym, na co wpłynęła dwukrotnie wyższa suma opadów w półroczu letnim. W roku hydrologicznym 2001 wartości średnie roczne odpływu rzecznoego Parsęty i Młyńskiego Potoku były znacznie niższe niż suma opadów. Odpływ rzeczny dla górnej Parsęty kształtował się w skali roku na wysokości 152,5 mm przy średniej z wielolecia 1986-2001 wynoszącej 259,96 mm. Różnica między roczną sumą opadów a odpływem rzecznoym, przy uwzględnieniu rocznego parowania wynoszącego około 450 mm, świadczy o uzupełnianiu zasobów wodnych na obszarze zlewni górnej Parsęty. Roczny

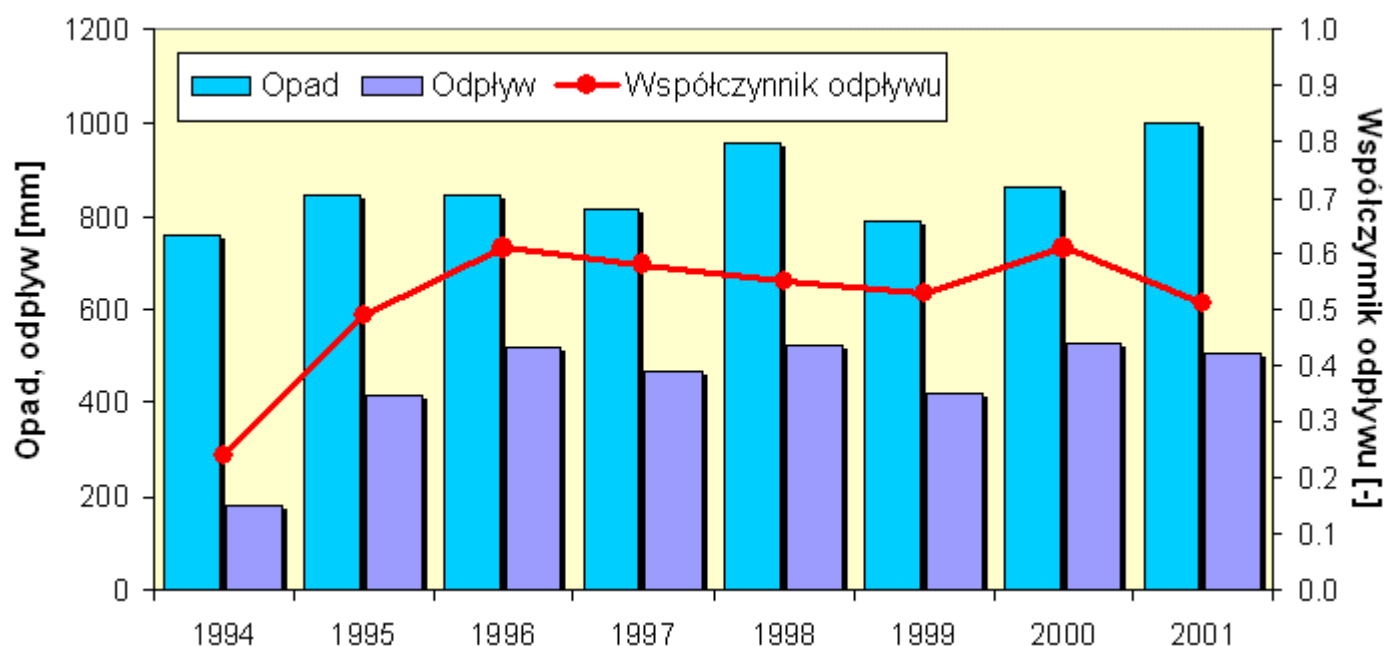
współczynnik odpływu dla górnej Parsęty wynosił 0,21. Niskie współczynniki odpływu świadczą o wyczerpywaniu się zasobów wodnych w zlewni, wskutek czego znaczna część wody opadowej zostaje w zlewni retencjonowana.

W Kanale Olszowieckim, w Puszczy Kampinoskiej zanotowano przepływy o bardzo małym natężeniu we wszystkich miesiącach, a odpływ rzeczny w roku hydrologicznym 2001 wyniósł 21,6 mm przy sumie opadów 603,6 mm, co wynika z dużego udziału zasilania deszczowo-roztopowego.

Największe odpływy w Strudze Toruńskiej wystąpiły latem i były spowodowane wysokimi opadami atmosferycznymi jakie zanotowano latem 2001 r. Drugorzędne maksimum odpływów wystąpiło wiosną. Notowano również bardzo wysokie odpływy ze zlewni drenarskich, które funkcjonowały praktycznie przez cały rok hydrologiczny.

Odpływ rzeczny na północnym stoku głównego masywu Łysogór, na którym jest zlokalizowana Stacja Bazowa Św. Krzyż, jest typu niwalnego ze znaczną przewagą zasilania powierzchniowego. Typ krążenia wody w obrębie badanej zlewni jest szybki, co wynika z dużego nachylenia stoku, częstych opadów, słabej przepuszczalności pokryw soliflukcyjnych oraz dobrej przepuszczalności pokryw gołoborzy. Najwyższe wartości przepływu zanotowano w kwietniu - $66,06 \text{ l s}^{-1}$ i sierpniu $17,88 \text{ l s}^{-1}$, najniższe zaś w listopadzie $1,36 \text{ l s}^{-1}$ i grudniu $1,46 \text{ l s}^{-1}$. Maksimum wiosenne związane jest z roztopami, natomiast letnie z wysokimi opadami jakie wystąpiły na terenie zlewni pod koniec lipca 2001 r.

Średni roczny współczynnik odpływu z podgórskiej zlewni Bystrzanki, o szybkim krążeniu wody wyniósł 0,51 i w porównaniu z poprzednimi latami był stosunkowo niski (Ryc. 15). Analiza miesięcznych wskaźników odpływu wykazuje bardzo niewielki wpływ wezbrań roztopowych, których znaczenie w latach ubiegłych było większe. Duża częstotliwość burz i towarzyszących im ulewnych opadów, szczególnie w lipcu i sierpniu, spowodowała szybkie uformowanie się kilku wysokich wezbrań o krótkim czasie przyboru wody.



Ryc. 15. Odpływ rzeczny i współczynnik odpływu ze zlewni Bystrzanki w latach hydrologicznych 1994 - 2001 (Bochenek 2002)

Obserwacje hydrologiczne potwierdzają odmienny reżim zasilania i odpływu oraz bilans wodny w badanych małych zlewniach rzecznych. Mały udział zasilania gruntowego, silnie uzależnione od zasilania opadowego i topnienia pokrywy śnieżnej wpływa na znaczne zróżnicowanie natężenia przepływu, aż do zaniku odpływu, w małych ciekach zasilających jezioro Łękuk na Pojezierzu Mazurskim i w Kanale Olszowieckim w Puszczy Kampinoskiej. Zlewnie górskie Stacji Bazowej Św. Krzyż i Bystrzanki w Szymbarku charakteryzują się o szybkim krążeniem wody i gwałtowną reakcją przepływu na wystąpienie opadów co wynika z zróżnicowania rzeźby terenu i dużego nachylenia stoków, litologii zlewni i warunków opadowych.

Wskaźnikiem zawartości związków rozpuszczonych w wodzie, które mogą pochodzić z dostawy atmosferycznej, obiegu biologicznego, z procesów wietrzenia chemicznego i dostawy antropogenicznej, może

mg O₂ dm⁻³	20,9	19,9	24,5	21,3	23,8	23,8	20,0	18,6
Azot azotynowy mg dm⁻³	0,052	0,153	0,105	0,044	0,085	0,116	0,049	0,132
Azot azotanowy mg dm⁻³	6,37	7,64	2,70	1,80	4,40	9,50	6,70	9,5
Azot ogólny mg N dm⁻³	8,38	10,09	5,94	5,31	6,77	11,53	9,18	11,7
Fosforany mg dm⁻³	0,55	0,35	0,39	0,44	0,37	0,48	0,38	0,53
Fosfor ogólny mg P dm⁻³	1,49	0,64	0,27	0,55	0,34	0,23	0,16	0,18
Miano coli	0,04	0,02	0,2	0,2	0,04	0,02	0,04	0,11
klasa czystości	I klasa		II klasa		III klasa		klasa n.o.n.	

Wyniki badań w zlewni reprezentatywnej na Św. Krzyżu wskazują na duży wpływ zagospodarowania terenu na wielkość mierzonych parametrów fizyko-chemicznych. W roku hydrologicznym 2001 zmniejszyło się stężenie większości oznaczanych pierwiastków zakwaszających, a szczególnie siarki siarczanowej co jest związane ze zmniejszeniem wielkości stężenia SO₂ w powietrzu atmosferycznym.

Za główne źródło zanieczyszczeń wód powierzchniowych należy uznać zanieczyszczenia rolnicze (Koniczynka i Św. Krzyż) i zanieczyszczenia bytowe na obszarach wiejskich pozbawionych sieci kanalizacyjnej (Storkowo, Szymbark i Wigry). W większości stanowisk nie zanotowano w roku hydrologicznym 2001 znacznych przekroczeń dopuszczalnych norm zanieczyszczeń wód powierzchniowych, a nieliczne przekroczenia dotyczyły najczęściej stężeń związków fosforu i BZT₅. Jedynie badania Strugi Toruńskiej w latach 1993-2001 wykazywały stałe utrzymywanie się pozaklasowej jakości. Wskaźnik decydujący o tej klasyfikacji w latach dziewięćdziesiątych to przede wszystkim fosfor ogólny. W latach 1998/99 jego zawartość obniżyła się do wartości II-klasowych. Wzrosło jednak, zwłaszcza w Koniczynce, stężenie azotu azotynowego. Po wyraźnej poprawie czystości wód w 2000 r., rok 2001 przyniósł niewielkie pogorszenie czystości wód Strugi. Podwyższony (w stosunku do innych rzek regionu) poziom stężenia siarczanów, potasu, azotanów i związków rozpuszczonych, prawdopodobnie należy kojarzyć z intensywną działalnością rolniczą i związanym z tym nawożeniem mineralnym, choć i tutaj w analizowanym okresie nastąpiło obniżenie stężeń. Podstawowym czynnikiem oddziałującym na stan czystości wód Strugi Toruńskiej w sąsiedztwie zlewni eksperymentalnej jest Jezioro Mlewieckie, a dokładniej wysoki stopień eutrofizacji jego wód. Efektem tego jest, utrzymujący się niemal przez cały rok bardzo wysoki poziom chlorofilu. Duży ładunek zanieczyszczeń spływający do jeziora z rolniczej zlewni spowodował degradację akwenu, deficyty tlenowe w okresie letnim oraz wysoki poziom substancji biogenych.

Porównując wyniki analiz fizykochemicznych uzyskane w roku hydrologicznym 2001 ze średnimi wynikami z wcześniejszych lat badań widać pewną poprawę jakości wód Czarnej Hańczy. Według przeprowadzonej oceny wody Czarnej Hańczy w punkcie kontrolno-pomiarowym w Sobolewie mają III klasę czystości, a przy ujściu do jeziora II klasę. Na podstawie danych WIOŚ, należy jednak uznać wody Czarnej Hańczy w punkcie Sobolewo za mające charakter pozaklasowy, ponieważ miano Coli przekroczyło wartość 0,01.

W roku hydrologicznym 2001 średnie roczne stężenia manganu i żelaza w wodach górnej Parsęty pozwalają zaliczyć tą rzekę do II klasy czystości pod względem zanieczyszczenia metalami ciężkimi. Natomiast Młyński Potok należy zakwalifikować do rzek o I klasie czystości. Należy zaznaczyć, że znaczny wpływ na wzrost koncentracji żelaza i manganu w obu ciekach miały wezbrania wrzesniowe powodujące zakwalifikowanie wód Parsęty w tym okresie do III klasy czystości.

Właściwości fizykochemiczne badanych wód rzecznych (Ryc. 16) w porównaniu ze składem chemicznym opadów atmosferycznych (Ryc. 9) i wód gruntowych wskazują, że w zasilaniu koryt rzecznych na obszarach o niewielkich wpływach antropogenicznych, ważne znaczenie mają wody gruntowe, o charakterze których

decyduje środowisko przyrodnicze zlewni. Większość wód badanych zlewni pod względem składu jonowego należy do wód wodorowęglanowo-wapniowych, wykazuje średnią mineralizację i odczyn obojętny. Jedynie w przypadku koryt rzecznych zasilanych płytkimi wodami śródpokrywowymi, o krótkim czasie krążenia zaznacza się bezpośredni wpływ na jakość wód rzecznych zanieczyszczonych wód opadowych, tak jak na Stacji Bazowej Św. Krzyż.

[poprzedni](#) | [następny](#)

Program pomiarowy H2: wody powierzchniowe - jeziora

Na obszarach pojeziernych w krajobrazie młodoglacjalnym, w dwóch Stacjach Bazowych: Puszczy Boreckiej i Storkowie prowadzone są badania w zlewniach jeziornych.

Zlewnia jeziora Łękuk na obszarze Stacji Bazowej Puszcza Borecka, mało podatna na degradację, charakteryzuje się niskim stopniem przekształceń antropogenicznych. W wodzie jeziora dominują jony wapnia, magnezu i wodorowęglany, a niewielkie stężenia osiąga sól, potas, chlorki i siarczany. Zawartość w wodach jeziora głównych jonów, jak również wartości przewodnictwa elektrolitycznego właściwego, były przez cały okres badawczy stabilne z lekką tendencją wzrostową. Dynamika i stężenia związków azotu i fosforu w warstwie przypowierzchniowej i naddennej przez cały sezon wegetacyjny 2001 roku były zbliżone do średnich stężeń obserwowanych w latach ubiegłych, podobnie jak i zawartość tlenu w jeziorze. Stężenia sestonu i przezroczystość wód mierzona krążkiem Secchiego w roku 2001 osiągały nieco korzystniejsze wyniki niż w latach ubiegłych. Dość wysokie były natomiast stężenia chlorofilu "a" w okresie sierpień-wrzesień.

Odmiennymi właściwościami chemicznymi cechują się wody jeziora Czarne na obszarze Stacji Bazowej Storkowo, które jest małym, bezodpływowym powierzchniowo zbiornikiem wodnym. Niezbyt korzystne warunki naturalne zlewni jeziora mogą sprzyjać degradacji wód jeziora. Zasilane opadami jezioro Czarne ma wody słabo zmineralizowane, należące do typu wód pięcjojonowych: Cl^- - HCO_3^- - SO_4^{2-} - Ca^{2+} - Na^+ . Wartości pH są prawie niezmiennie w ciągu roku i wynoszą od 6,19 zimą do 6,27 wiosną, bardzo podobnie jak w latach poprzednich. Niska mineralizacja jeziora (w przedziale $2,65$ - $3,48 \text{ mSm}^{-1}$) i kwaśny odczyn, świadczą o opadowym charakterze zasilania zbiornika.

Skład chemiczny wód Jeziora Czarne wskazuje na jego dystroficzne cechy w przeciwieństwie do Jeziora Łękuk, które wykazuje cechy zbliżone do jezior eutroficznych. Na zmiany jakości wód jeziora Łękuk i Czarne, nie będących pod wpływem antropopresji, wpływ mają warunki meteorologiczne ważne dla wymieszania wód i ich dobrego natlenienia.

[poprzedni](#) | [następny](#)

Program pomiarowy J1: Flora i roślinność zlewni reprezentatywnej

Program pomiarowy J2: Struktura i dynamika szaty roślinnej

Dotychczasowym efektem monitoringu dynamiki rozwojowej zbiorowisk roślinnych i ich stanu zdrowotnego jest przede wszystkim opracowanie aktualnych wykazów gatunkowych flory roślin naczyniowych i założenie stałych powierzchni badawczych, wyznaczonych w celu śledzenia długotrwałych zmian w składzie gatunkowym i strukturze roślinności. Realizując plan włączania do programów dotyczących świata roślinnego kolejnych Stacji Bazowych wykonano analizę występowania zbiorowisk roślinnych na terenie Stacji Bazowej Święty Krzyż oraz utworzono listę florystyczną badanego terenu wraz z określeniem wielkości populacji poszczególnych gatunków.

Jednocześnie kontynuowano badania w zlewni jeziora Łękuk Wielki na terenie Puszczy Boreckiej, w zlewni Strugi Toruńskiej i zlewni rzeki Czarna Hańcza. Na terenie zlewni eksperymentalnej w Wigierskim Parku Narodowym przeprowadzono weryfikację listy chronionych gatunków roślin i odnotowano występowanie 23 taksonów objętych ochroną ścisłą i 13 taksonów objętych ochroną częściową. Na terenie Stacji Bazowej Koniczynka stwierdzone w ubiegłym sezonie zróżnicowanie w rozmieszczeniu i wielkości populacji gatunków nie uległo w większości istotnym zmianom w 2001 roku. Zauważalne zmiany w przestrzennym rozmieszczeniu form życiowych roślin (wg Raunkiaera) nastąpiły w grupie terofitów, zaobserwowano też zmianę zasięgów występowania kilku gatunków z grupy geofitów między innymi *Convallaria maialis* i *Gagea lutea*.

W Stacji Bazowej Puszcza Borecka prowadzono badania w celu określenia stopnia zachowania zespołów roślinności wodnej i szuwarowej litoralu jeziora Łękuk Wielki w stosunku do stanu z 1984 w celu wskazania kierunku zmian w strukturze fitolitoralu, a także tempa procesu eutrofizacji. Z porównania aktualnego stanu roślinności jeziora Łękuk ze stanem z lat 1983/84 wynika, że całkowita powierzchnia roślinności w jeziorze Łękuk zmniejszyła się o 0,99 ha oraz że zmieniła się struktura przestrzenna roślinności jeziora Łękuk, na korzyść roślinności błotnej i szuwarowej. Obserwowana recesja areалу zajmowanego przez roślinność wodną, błotną i szuwarową, jak również zmniejszenie udziału w rozmieszczeniu pasowym roślinności z klasy *Potamogetonetea* wskazuje na postępujący proces eutrofizacji wód jeziora Łękuk Wielki.

[poprzedni](#) | [następny](#)

Program pomiarowy M1: epifity nadrzewne

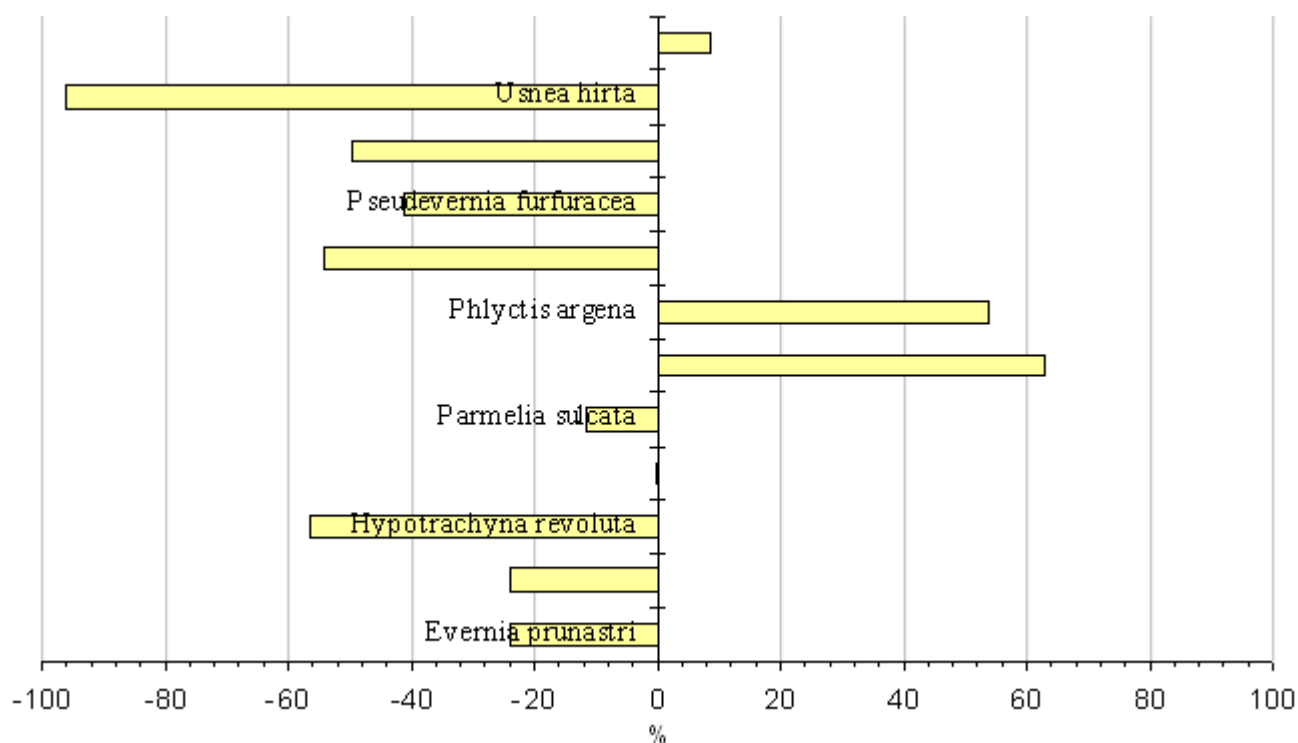
W roku 2001 rozpoczęto na Stacjach Bazowych ZMŚP (w Wigrach od 1998 r.) realizację programu M1 epifity nadrzewne pod kierunkiem prof. dr hab. W. Fałtynowicz z Zakładu Systematyki i Fitosocjologii Uniwersytetu Wrocławskiego. Celem monitoringu porostów jest obserwacja zmian zachodzących w środowisku pod wpływem różnych czynników naturalnych i antropogenicznych, z wykorzystaniem tych organizmów jako biowskaźników. Porosty są bardzo czułymi wskaźnikami przekształceń siedliska, a ich reakcje są stosunkowo szybkie i jednoznaczne. W tym celu wytypowano gatunki porostów, które są:

- łatwo rozpoznawalne i jednoznaczne do określenia;
- reprezentują trzy podstawowe formy morfologiczne: skorupiaste, listkowate i krzaczkowate;
- w różnym stopniu wrażliwe na zanieczyszczenia powietrza oraz na zmiany warunków siedliskowych;
- w sposób możliwie jednoznaczny reagują na zmiany warunków środowiska;
- występują na całym obszarze kraju, tak by możliwe było porównywanie wyników uzyskanych na różnych terenach;
- mieszczą się w koncepcji krajowego monitoringu porostów.

Do monitoringu porostów wybrano na Stacjach Bazowych ZMŚP:

- w Storkowie 10 gatunków porostów na 9 stanowiskach pomiarowych i 11 powierzchniach testowych,
- w Puszczy Boreckiej 8 gatunków porostów na 10 stanowiskach pomiarowych i 10 powierzchniach testowych,
- w Wigrach 12 gatunków porostów na 15 stanowiskach pomiarowych,
- w Koniczynce 4 gatunki porostów na 8 stanowiskach pomiarowych i 9 powierzchniach testowych,
- w Św. Krzyżu 5 gatunków porostów na 8 stanowiskach pomiarowych,
- w Szymbarku wytypowano 7 gatunków porostów na 10 stanowiskach pomiarowych i powierzchniach testowych.

Obserwowane zmiany w populacjach monitorowanych gatunków porostów mogą wynikać z przyczyn antropogenicznych (głównie z powodu zwiększenia się zanieczyszczenia powietrza oraz lokalnych zmian siedliskowych) i naturalnych (takich, jak zmiany zagęszczenia drzew spowodowane wiatrolomami, łuszczenie i pęknięcie kory drzew, czy ingerencja zwierząt). Reakcja porostów może być podobna, niezależnie od działających czynników.



Ryc. 17. Zmiany powierzchni plech porostów powstałe w okresie 1998-2001 na stanowiskach monitoringowych w Stacji Bazowej Wigry (Krzysztofiak 2002)

Na podstawie badań porostów przeprowadzonych w 2001 r. wynika m.in. że z dwunastu gatunków porostów objętych badaniami w Stacji Bazowej Wigry w okresie 1998-2001, tylko porosty skorupiaste zwiększyły swoją ogólną powierzchnię plech (Krzysztofiak 2002). Oba gatunki preferują podłoże o odczynie umiarkowanie kwaśnym do prawie obojętnego i wykazują znaczną odporność na zanieczyszczenie powietrza. W przypadku pozostałych gatunków porostów zarejestrowano zmniejszenie się powierzchni ich plech (Ryc. 17). Najwyraźniej uwidoczniło się to u *Usnea hirta*, gatunek ten bardzo wyraźnie ustępuje z badanego terenu - na dwóch, z trzech stwierdzonych w 1998 roku stanowisk, obecnie już nie występuje. *Usnea hirta* jest bardzo wrażliwa na zanieczyszczenia powietrza, a w mniejszym stopniu także na długotrwałe przesuszenie. Preferuje podłoże silnie lub umiarkowanie kwaśne. O ponad połowę zmniejszyły swoje powierzchnie listkowate plechy dwóch innych gatunków - *Hypotrachyna revoluta* (o 56,4%) i *Platismatia glauca* (o 54,1%). Oba gatunki wrażliwe są na zanieczyszczenia oraz na przesuszenie powietrza i podłoża, na którym występują. W ciągu trzech lat najmniejsze zmiany w powierzchni plech zanotowano w przypadku *Melanelia fuliginosa* - porostu o plechach listkowatych, wrażliwego na zanieczyszczenia, nadmierne zakwaszenie i przesuszenie podłoża.

[poprzedni](#) | [następny](#)

Program pomiarowy O1: Fauna bezkręgowca

Program O1 obejmuje wyłów części fauny wchodzącej w skład monitorowanych ekosystemów, jest to grupa fauny lądowej zasiedlającej warstwę trawiasto-zielną, a w zadrzewieniach warstwę koron drzew. Gatunki te dostatecznie odzwierciedlają stan środowiska przyrodniczego i jego zmiany. Program O1 realizowany był w Stacji Bazowej Pożary i obejmował monitoring chrząszczy z rodziny biegaczowatych *Carabidae*, gatunków *Elateridae*, *Formicidae* i chrząszczy z rodzin *Staphylinidae* i *Pselaphidae*. Również w roku 2001 na polach uprawnych Stacji Bazowej ZMSP w Koniczynie kontynuowano badania monitoringowe wybranych grup bezkręgowców glebowych (*Lumbricidae* i *Collembola*).

W Stacji Bazowej Pożary od 1999 r. prowadzony jest monitoring chrząszczy z rodziny biegaczowatych na 18 powierzchniach doświadczalnych. Łowność biegaczowatych zmieniała się w ciągu 3 lat badań, przy czym na wszystkich powierzchniach zanotowano trend wzrostu liczebności łowionych chrząszczy. Udział gatunków higrofilnych również podlegał pewnym zmianom, ale dynamika zmian udziału osobników gatunków higrofilnych nie jest wiązana ze stopniem wilgotności środowiska. Zaobserwowano, że zmniejszeniu udziału gatunków higrofilnych *Carabidae*, towarzyszy wzrost udziału gatunków szeroko rozpowszechnionych na półkuli północnej, czyli gatunków: palearktycznych i holarktycznych. Obserwacja ta może sugerować, że wycofywaniu się fauny higrofilnej towarzyszy kolonizacja terenu gatunkami zaliczanymi do eurybiontów. Oznacza to, że wskaźnikowe gatunki higrofilne posiadają bardziej "lokalny" w skali globalnej zasięg tj. europejski. Natomiast liczniejsze pojawienie się osobników fauny leśnej informuje o przesychnianiu terenu.

W trzecim roku zbioru chrząszczy z rodzin *Staphylinidae* i *Pselaphidae* bardzo wyraźnie zmienił się zestaw gatunkowy. Obserwowana dynamika zmian składu gatunkowego świadczy o tym, że ustalonych składów gatunkowych dla poszczególnych powierzchni, będzie można oczekiwać dopiero po szóstym-siódmych roku badań monitoringowych. Dopiero po tym okresie, dla warunków Puszczy Kampinoskiej, można będzie określić definitywny zestaw gatunków charakterystycznych, oceniając:

- żyzność i wilgotność siedlisk,
- dynamikę i kierunek sukcesji ekosystemów,
- natężenie antropopresji.

Wyniki badań Stacji Bazowej ZMSP w Koniczynie wykazały wyraźny wpływ warunków klimatycznych na ogólną liczebność i dynamikę sezonowych zmian liczebności fauny bezkręgowcej. Bardzo duża ilość opadów w minionym roku (ponad 750 mm) i utrzymująca się wysoka wilgotność gleby sprawiły, że liczebność higrofilnych *Lumbricidae* była większa niż w roku ubiegłym. Zagęszczenie *Collembola* utrzymywało się na podobnym poziomie jak w roku 2000, a sezonowy przebieg zmian liczebności, tak jak w latach poprzednich był typowy dla tej grupy: notowano małą liczebność wiosną i stopniowy wzrost w ciągu lata aż do maksimum jesienią. Obserwacje zmian ilościowych skoczogonek na polu, gdzie od ośmiu lat stosuje się elementy gospodarki integrowanej: urozmaicony płodozmian z roślinami motylkowymi, nawożenie organiczne i ograniczanie zabiegów chemicznych, wskazują na utrwalanie się korzystnego trendu wzrostu ilościowego zespołów *Collembola* i stopniowe zbliżanie się do stanu właściwego dla agroekosystemów w latach 50-60 XX w., gdy antropopresja nie była tak wielka.

[poprzedni](#) | [następny](#)

Stan geosystemów Polski w roku 2001

Małgorzata Mazurek & Zbigniew Zwoliński



Wnioski

Każda z siedmiu Stacji Bazowych ZMŚP prowadzi badania monitoringowe w odrębnych strukturach krajobrazowych Polski. Funkcjonujące programy pomiarowe ZMŚP stanowią podstawę poznania georóżnorodność i bioróżnorodność krajobrazów w obrębie zlewni badawczych Stacji Bazowych ZMŚP w 2002 r.

Pod względem warunków meteorologicznych rok kalendarzowy 2001 zakwalifikowano na Stacjach Bazowych jako rok o normalnych warunkach termicznych z odchyleniem w stronę lat ciepłych szczególnie w Puszczy Boreckiej; po względem opadowym był to rok generalnie wilgotny. Rozpoczęcie na Stacjach pomiarów meteorologicznych z zastosowaniem automatycznej stacji pomiarowej MILOS 500 pozwoliło rozpocząć pomiary aktywności promieniowania słonecznego i czasu trwania usłonecznienia. Na Stacjach nie notowano niekorzystnych okresów posuchy, a rozkład opadów w był jednym z najbardziej równomiernych w całym ośmioleciu. W roku 2001 wyższe sumy opadów notowano w półroczu letnim, co wraz z warunkami śnieżnymi i przemarzeniem gruntu zdecydowało o charakterze (wielkości, reżimie) odpływu gruntowego, wyższych wezbraniach letnich i wysokim odpływie ze zlewni reprezentatywnych w miesiącach letnich. W przypadku Puszczy Kampinoskiej wyższa suma opadów w okresie letnim zapobiegła nadmiernemu opadaniu zwierciadła wód gruntowych, a co za tym idzie niekorzystnym zmianom sukcesyjnym zbiorowisk roślinnych. Wpłynęła także na liczebność bezkręgowców wilgociolubnych na terenie Stacji Bazowej w Koniczynie.

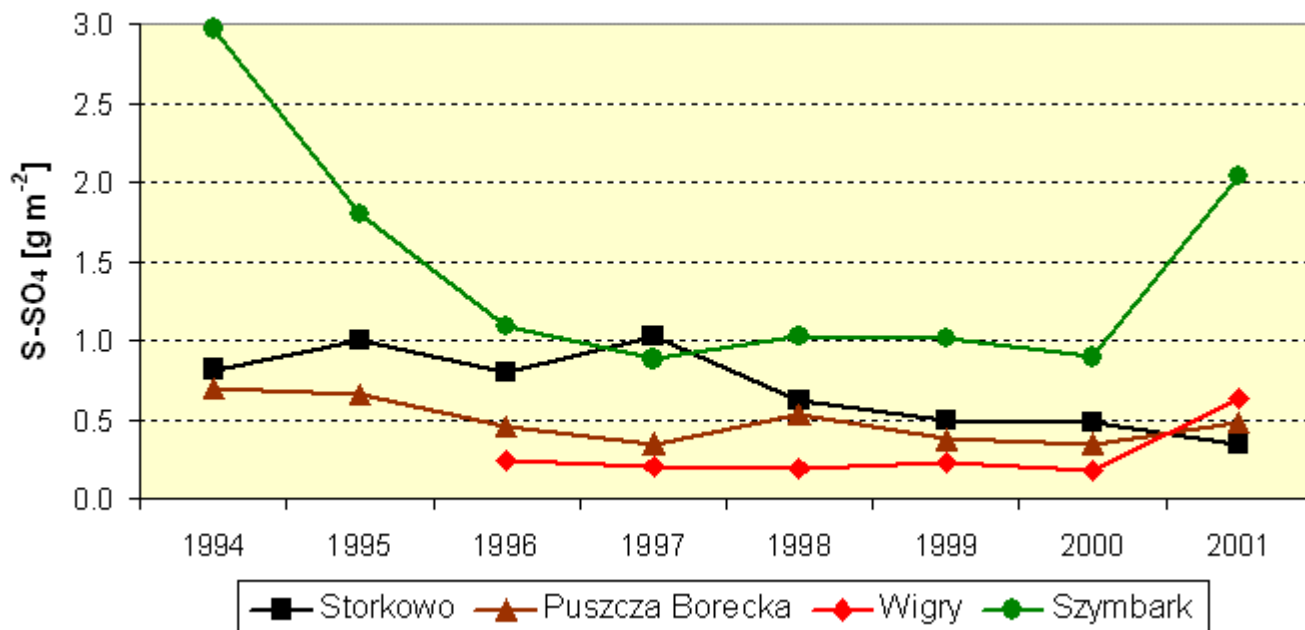
Pod względem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego rok hydrologiczny 2001 nie odbiegał znacząco od lat minionych. W latach 1994-2001 poziom stężeń dwutlenku siarki utrzymywał się w badanych Stacjach na pułapie z lat ubiegłych lub wykazywał tendencję spadkową. Jedynie w Pożarach zanotowano dwukrotny wzrost stężeń SO_2 . Badania stężeń dwutlenku azotu wskazują, że na początku lat 90-tych dynamika spadku stężeń NO_2 była większa, a w ostatnich latach rozwój motoryzacji i nasilenie transportu drogowego prowadzi do zauważalnego wzrostu zanieczyszczenia atmosfery tlenkami azotu, na co wskazują wyniki badań w Pożarach, Szymbarku i Puszczy Boreckiej. Wzajemne relacje między poszczególnymi zanieczyszczeniami i podstawowe charakterystyki statystyczne nie różniły się od obserwowanych wcześniej, a badane zanieczyszczenia z wyjątkiem ozonu przyziemnego, na Stacjach Bazowych nie przekraczały obowiązujących w Polsce norm.

Badania porostów wskazują natomiast, że zanieczyszczenie powietrza metalami ciężkimi i siarką na terenie Stacji Bazowych ZMŚP (m.in. Stacja Bazowa w Koniczynie, Szymbarku i Św. Krzyżu) utrzymuje się na poziomie średnim, głównie z powodu podwyższonych koncentracji kadmu oraz stosunkowo wysokich stężeń ołowiu i siarki w niektórych z nich. Najmniej zanieczyszczone powietrze badanymi metalami i siarką wykazują Storkowo i Wigry, które należałoby zaliczyć do terenów nie zanieczyszczonych. Jednak podwyższone stężenia siarki w porostach z terenów tych Stacji, wyższe aniżeli stwierdzone w czystych parkach narodowych, nie pozwalają na zaliczenie ich do obszarów czystych. Mimo obniżenia się w Polsce poziomu zanieczyszczeń powietrza, w ciągu trzech ostatnich lat nie nastąpił spadek koncentracji metali i siarki w plechach porostów na wybranych obszarach w Parkach Narodowych, co wskazuje na ciągłe oddziaływanie źródeł lokalnych, jak i transgranicznego napływu zanieczyszczeń.

Ograniczana od lat osiemdziesiątych emisja dwutlenku siarki obserwowana jest natomiast w opadach atmosferycznych, opadach podokapowych i spływie po pniach drzew. Nie znajduje to jednak bezpośredniego efektu w poprawie odczynu wód opadowych, a także w wodach płytkiego krążenia. Wyniki pomiarów wskazują, że pozytywny trend w tym zakresie obserwowany w ostatnich latach uległ zahamowaniu. Badania chemizmu opadów atmosferycznych na Stacjach Bazowych dowodzą, że przy utrzymującej się stosunkowo niskiej mineralizacji wód opadowych i systematycznie malejących stężeniach jonów siarczanowych, zakwaszenie opadów nie zmniejsza się. Wzrasta natomiast udział tlenków azotu w zakwaszaniu opadów. Średni roczny odczyn opadów badanych w Stacjach Bazowych w Storkowie i Szymbarku zaliczono do grupy opadów o znacznie obniżonym pH, natomiast odczyn normalny miały opady w Wigrach i Koniczynie. Pozostałe Stacje zaliczono do grupy z odczynem lekko obniżonym. Silnie podwyższona mineralizacja wód opadowych charakteryzuje Stacje Bazowe położone w pobliżu dużych ośrodków miejskich (Koniczynka, Pożary, Św. Krzyż), gdzie ciągle występuje wysokie zapylenie powietrza atmosferycznego.

Podwyższone wartości ładunków niektórych składników oraz niskie pH wód opadowych na terenie np. zlewni górnej Parsęty, w Puszczy Boreckiej o małej lokalnej emisji, należy wiązać z emisjami napływowymi,

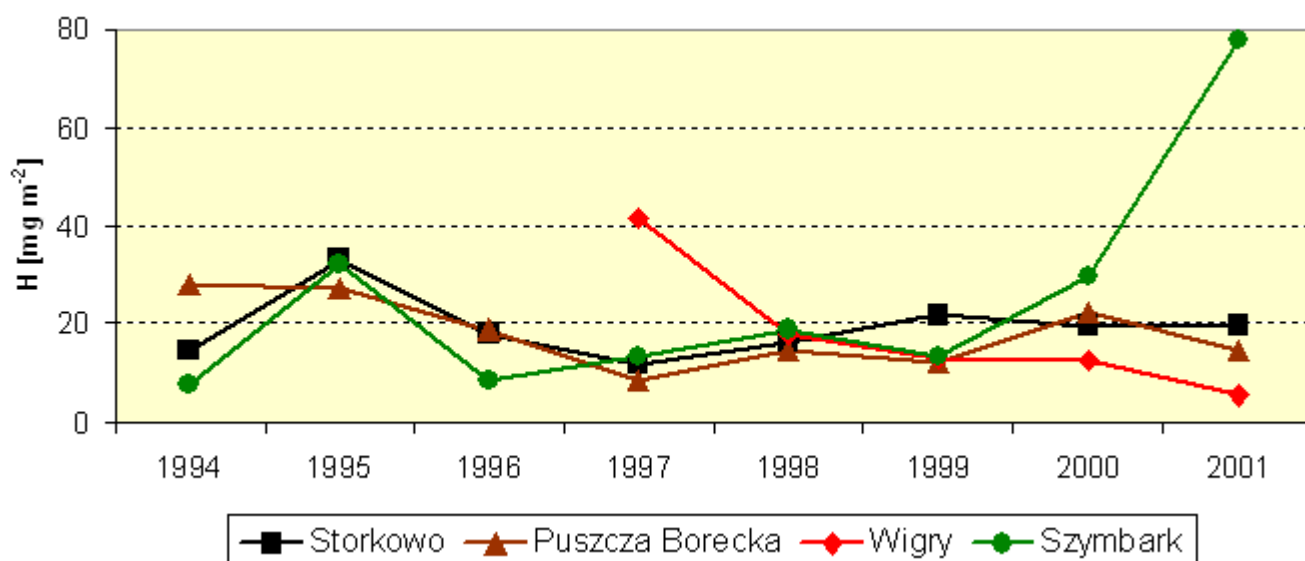
regionalnymi i globalnymi. Obecnie ilość dostarczonych substancji do podłoża limitowana jest w Stacjach Bazowych przede wszystkim wysokością opadów, jednak poprawa jakości wód opadowych może również zmniejszać znacząco obciążenie środowiska zanieczyszczeniami.



Ryc. 18. Zmiany wielkości depozycji siarki siarczanowej na wybranych Stacjach Bazowych ZMŚP w latach 1994-2001

Zanotowane stosunkowo wysokie koncentracje siarczanów w opadzie atmosferycznym: w zlewni Bystrzanki, w Puszczy Kampinoskiej oraz w zlewni górnej Parsęty (Ryc. 18) mimo korzystnej tendencji spadkowej tego związku w połączeniu z kwaśnym odczynem wód mogą okazać się szkodliwe dla drzewostanów iglastych.

Utrzymujące się wysokie stężenie jonów wodorowych w opadach, a w efekcie ich depozycja (Ryc. 19), może stanowić również zagrożenie dla właściwości fizyko-chemicznych gleb, szczególnie tych o kwaśnym odczynie. W warunkach gleb kwaśnych nasyconych kwasowymi jonami H, Al i Fe, kationy zasadowe pochodzące z drzewostanu są wymywane z gleb w zasięgu systemów korzeniowych (Kowalkowski, Józwiak 2000). W ten sposób bezpośrednio pod drzewami i w zasięgu korzeni gleby są najsilniej zakwaszane i wyjąławiane ze składników odżywczych. Ten proces jest szczególnie intensywnie stymulowany w drzewostanach bukowo-jodłowych i jodłowych, co obserwowane jest na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego.



Ryc. 19. Zmiany wielkości depozycji jonów wodorowych na wybranych Stacjach Bazowych ZMŚP w latach 1994-2001

Analiza zmian poziomu wód gruntowych w latach 1994-2001 wskazuje na początkowy trend wzrostowy stanów, który stanowi reakcję na poprawę warunków opadowych po okresie suszy z lat osiemdziesiątych i na początku lat dziewięćdziesiątych. W połowie lat 90-tych XX w. nastąpiła wyraźna stabilizacja poziomu wód gruntowych, naruszona przez suchy rok 2000. Na terenie Kampinoskiego Parku Narodowego za korzystny fakt należy uznać poprawę stosunków wodnych na przestrzeni lat 1994 - 1997 oraz w roku 2001, mimo pewnego zahamowania tego procesu w latach 1998 i 1999, a szczególnie w roku 2000, utrzymanie tej tendencji pozwoli na skuteczną ochronę ekosystemów bagiennych. Wydaje się, że konieczna jest dalsza intensyfikacja prac zmierzających do zmniejszenia odpływu powierzchniowego dotycząca terenu całego Parku Narodowego.

Uwagę zwracają też stosunki wodne w zlewni Strugi Toruńskiej, które są silnie przekształcone drenarką i poborem wody dla celów przemysłowych. Ogólna ocena jakości badanych wód gruntowych nie odbiega od ogólnej charakterystyki wód na poziomie utworów czwartorzędowych, a notowane obniżenie jakości spowodowane było czynnikami geogenicznymi.

W skali regionalnej obserwuje się poprawę jakości wód rzecznych, będącą głównie efektem uruchamiania i modernizacji oczyszczalni ścieków. Jakość wód jest jednak ciągle narażona na oddziaływanie czynników lokalnych: zanieczyszczeń bytowych i przemysłowych oraz ścieków burzowych pochodzące z sąsiadujących, większych ośrodków miejskich, źle oczyszczonych ścieków. Monitoring wód rzecznych wskazuje, że wody Czarnej Hańczy, Parsęty, Młyńskiego Potoku, Kanału Olszowieckiego i Bystrzanki należą do wód o średniej mineralizacji, o składzie chemicznym charakterystycznym dla wód powierzchniowych Polski. Zwraca uwagę przekraczająca normy wysoka mineralizacja wód Strugi Toruńskiej. Największym problemem ekologicznym całego dorzecza Strugi Toruńskiej, jest nadmierne zanieczyszczenie wód powierzchniowych zanieczyszczeniami rolniczymi, a także ściekami z zakładów rolniczych oraz ściekami z osiedli mieszkaniowych.

W ramach badań prowadzonych w ramach ZMŚP istotne jest zwrócenie uwagi na zachodzące obecnie zmiany użytkowania terenu i możliwości wprowadzenia roślinności zgodnie z typem siedlisk.

Realizowany w roku hydrologicznym 2001 program ZMŚP dostarczył danych ilościowych i jakościowych o aktualnym stanie geoekosystemów Polski, a wyniki te umożliwiają dalsze rozpoznanie obiegu energii i materii oraz wskazanie rodzaju i charakteru zagrożeń dla badanych obszarów. Badanie wzajemnych relacji, między poszczególnymi komponentami środowiska przyrodniczego w różnych typach geoekosystemów Polski w roku hydrologicznym 2001 nie wykazało większych zmian o charakterze regionalnym. Pomimo pozytywnego krajowego trendu zmniejszenia stężeń dwutlenku siarki obawy budzi wzrost stężeń tlenków azotu i przekroczenia norm stężenia ozonu, oraz utrzymujące się zanieczyszczenia powietrza o charakterze transgranicznym. Zagrożenia dla geoekosystemów Polski stanowią przede wszystkim czynniki lokalne. Prowadzony monitoring jakości wód rzecznych potwierdza istniejące tendencje w skali krajowej, że jakość wód powierzchniowych zależy w dużym stopniu od związków biogenych, których głównym źródłem są zanieczyszczenia obszarowe na terenach rolniczych i ścieki komunalne. Kolejnym problemem nie tylko zlewni eksperymentalnej, lecz okolicy Szymbarku traktowanej jako całość, jest nieracjonalna gospodarka na stokach osuwiskowych.

[poprzedni](#) | [następny](#)

Literatura

- Bochenek, W., 2002: Raport z pomiarów wykonywanych w ramach Zintegrowanego Środowiska Przyrodniczego w zlewni Bystrzanki (Beskid Niski) w roku hydrologicznym 2001. Stacja Bazowa ZMŚP, Stacja Naukowo-Badawcza IGiPZ PAN. Szymbark. Ms.
- Gil, E., Bochenek, W., 1998: Raport Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk w Szymbarku za lata hydrologiczne 1994-1997. W: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stan geosystemów Polski w latach 1994-1997, A. Kostrzewski (Red.). Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa, s. 183-221.
- Jóźwiak, M., Kozłowski, R., Wróblewski, H., 2002: Raport Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego "Święty Krzyż" za rok 2001. Akademia Świętokrzyska im. Jana Kochanowskiego, Stacja Monitoringu, Kielce. Ms.
- Kazimierski, B., 1998, Ocena stopnia realizacji programu "wody gruntowe" w systemie Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego oraz krótka synteza wyników badań z lat 1994-1997. W: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geosystemów Polski. IX Sympozjum ZMŚP, A. Kostrzewski (Red.). Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa, s. 155-162.
- Kejna, M., (Red.), 2002: Raport za rok hydrologiczny 1999. Stacja Bazowa ZMŚP w Koniczynie k. Torunia. UMK, WBiNoZ. Toruń. Ms.
- Komisarek, J. (Red.), 2001: Kartowanie gleboznawcze na Stacji Bazowej Święty Krzyż. Sprawozdanie merytoryczne z realizacji badań. Poznań, Ms.
- Kostrzewski A. (Red.), 1995, Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stan geosystemów Polski w 1994 roku. Biblioteka Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. Warszawa.
- Kostrzewski, A. (Red.), 2002: Raport Stacji Bazowej ZMŚP w Storkowie za rok 2001, Stacja Bazowa ZMŚP w Storkowie, UAM. Storkowo-Poznań. Ms.
- Kostrzewski, A., Mazurek, M., Stach, A., 1995: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego - Zasady organizacji, system pomiarowy, wybrane metody badań. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.
- Kowalkowski A., Brogowski Z., Kocoń J., Szałdek M., 1990: Stan odżywienia i zdrowotności jodły (*Abies alba* Mill.) w Świętokrzyskim Parku Narodowym, Roczn. Świętok. Warszawa-Kraków, 12, 215-222.
- Kowalkowski A., Jóźwiak M., 2000: Zmiany w środowisku glebowym, [W:] Cieśliński S., Kowalkowski A. (Red.) Monografia Świętokrzyskiego Parku Narodowego, Bodzentyn-Kraków, 427-440.
- Krzysztofiak, L. (Red.), 2002: Ocena stanu środowiska Stacji Bazowej Wigry za rok 2001. Wigierska Stacja Bazowa Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. Krzywe. Ms.
- Lorenc, H., 1995: Badania meteorologiczne i klimatyczne w Zintegrowanym Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. W: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Propozycje programowe, A. Kostrzewski (Red.). Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa, s. 23-29.
- Lorenc, H., 1998: Ocena stopnia realizacji programu "obserwacje meteorologiczne i badania klimatyczne w systemie zintegrowanego monitoringu środowiska" oraz synteza uzyskanych wyników badań za okres 1994-1997. W: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geosystemów Polski. IX Sympozjum ZMŚP, A. Kostrzewski (Red.). Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa, s. 113-119.
- Mazurek, M., 2001: Funkcjonowanie wybranych geosystemów Polski w roku hydrologicznym 2000. W: Funkcjonowanie i monitoring geosystemów z uwzględnieniem zanieczyszczenia powietrza, M. Jóźwiak, A. Kowalkowski (Red.), Biblioteka Monitoringu Środowiska, s. 17- 25.

- Ostrowski, J., 1998: Próba charakterystyki ilościowej i jakościowej wód powierzchniowych na podstawie wyników pomiarów ZMŚP z okresu 1994-1997. W: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geosystemów Polski. IX Sympozjum ZMŚP, A. Kostrzewski (Red.). Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa, s. 119-142.
- Prządka, Z., 2001: Zmiany ekstremalnych wartości elementów klimatu na Stacji Puszcza Borecka w latach 1994-2000. W: Funkcjonowanie i monitoring geosystemów z uwzględnieniem zanieczyszczenia powietrza, M. Józwiak, A. Kowalkowski (Red.), Biblioteka Monitoringu Środowiska, s. 103- 115.
- Sawicka-Kapusta, K., Zakrzewska, M., 2002: Ocena zanieczyszczenia powietrza na Stacjach Bazowych Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w 2001 roku. Kraków, Ms.
- Szpikowski, J., 2001: Warunki meteorologiczne jako punkt wyjścia do oceny funkcjonowania geosystemu (Stacja Bazowa Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Storkowie, rok 2000). W: Funkcjonowanie i monitoring geosystemów z uwzględnieniem zanieczyszczenia powietrza, M. Józwiak, A. Kowalkowski (Red.), Biblioteka Monitoringu Środowiska, s. 137- 149.
- Śnieżek, T. (red.), 2002: Raport Stacji Bazowej ZMŚP za rok hydrologiczny 2001. Instytut Ochrony Środowiska. Stacja Kompleksowego Monitoringu Środowiska Puszcza Borecka, Warszawa. Ms.
- Wierzbicki, A., 1998: Raport Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Kampinoskiego Parku Narodowego w Pożarach za lata hydrologiczne 1994-1997. W: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stan geosystemów Polski w latach 1994-1997, A. Kostrzewski (Red.). Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa. s. 161-181.
- Wierzbicki, A., 2002: Raport Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego "Pożary", rok hydrologiczny 2001. Kampinoski Park Narodowy. Granica, Ms.
- Wójcik, G., (red.), 1998: Raport Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Uniwersytetu im. M. Kopernika w Koniczynie k. Torunia za lata hydrologiczne 1994-1997. W: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stan geosystemów Polski w latach 1994-1997, A. Kostrzewski (Red.). Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa. s. 123-160.
- Żarska, B., Degórska, A., Prządka, Z., Śnieżek, T., Smoleński, A., Cydzik, D., Borzyszkowski, J., 1998: Reprezentatywność środowiska przyrodniczego obszaru zlewni Jeziora Łękuk i Stacji Kompleksowego Monitoringu Środowiska "Puszcza Borecka". W: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geosystemów Polski. IX Sympozjum ZMŚP, A. Kostrzewski (Red.). Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa. s. 67-74.